PC Games SONDERHEFT Hardware

Fit für Fortnite, Battlefield & Co.

Gaming-PC im Eigenbau 2019

1. Kaufberatung 48 Seiten

2. Bauanleitung 9 Seiten

3. Tuning & Tipps 12 Seiten

Die richtigen Einstellungen

Das System voll ausreizen

AMD Ryzen 3000 & RX 5700

Ausblick auf neue Hardware

Kaufberatung für Grafikkarte, CPU & mehr

Fehlkäufe vermeiden!

€ 6,99
Ausgabe 02/2019
Österreich € 8,00 | Schweiz sfr 13,00 |
Holland/Belgien/Luxemburg € 8,30

4 195756 806993 02

ZOTAC GAMING

MEK MINI

PC GAMING SYSTEM

KLEIN, STARK & READY TO GO

DER ZOTAC GAMING MEK MINI GEHÖRT ZU DEN KLEINSTEN DESKTOP-GAMING SYSTEMEN WELTWEIT. NUTZE DIE POWER DES MEK MINI, AUSGESTATTET MIT NEXT-GEN HARDWARE FÜR GAMES VON HEUTE UND MORGEN. GET FAST AND GAME STRONG.

GRAFIKKARTE
- ZOTAC GAMING GeForce RTX™ 2070 8GB GDDR6
- ZOTAC GAMING GeForce RTX™ 2060 6GB GDDR6

PROZESSOR
- Intel® Core™ i7-9700 (8-core)
- Intel® Core™ i5-9400F (6-core)

SPEICHER
- 16GB OC 2666MHz DDR4 (2x8GB)

NETZTEIL
- 2 x 19.5V / 230W

FESTPLATTENSPEICHER
- 240GB NVMe M.2 SSD
- 2TB 2.5"SATA HDD

NETZWERK
- Killer AC 1550 Wi-Fi
- Dual Gigabit Ethernet (1x Killer LAN)
- Bluetooth 5

DISPLAY AUSGABE (max 4 Displays)
- HDMI 2.0b
- 2 x DisplayPort 1.4
- DVI
- USB Typ-C

USB
- 2 x USB 3.0 (1x Typ-C)
- 4 x USB 3.1

BELEUCHTUNG
- SPECTRA 2.0 BELEUCHTUNGSSYSTEM

WEITERES
- 4K Ready
- Gaming Ready und VR Ready
- Killer AC 1550 und Killer E2500
- FireStorm Utility

SUPER KOMPAKT

Mit nur 9,18l gehört MEK MINI zu den kleinsten Desktop-Gaming-Systemen der Welt. Dabei ist er nicht nur sehr kompakt, sondern auch super stark.

NEXT-GENERATION GRAPHICS

Ausgestattet mit der neuesten ZOTAC GAMING GeForce RTX™ Grafikkarte für Ray-Tracing mit künstlicher Intelligenz und programmierbarem Shading*.

** Spielabhängig*

EINFACHER ZUGRIFF

Mit nur einem Tastendruck und einem Schieberegler des Bedienfeldes hast du in Sekundenschnelle Zugriff auf jede Art von Speicher.

/ZOTAC /ZOTAC_OFFICIAL

LIVE TO GAME_

Editorial

In diesem Heft kommen wir ohne Umwege auf den Punkt und geben Ihnen kurze, knackige, konkrete Empfehlungen zu jeder Hardware-Komponente.

Wir als Nerds in der Redaktion lieben es, in die technische Tiefe einzusteigen, indem wir die Produkte im Test sezieren und unsere Forschungsergebnisse jeden Monat groß und breit in ausführlichen Artikeln im Heft präsentieren. Als Journalisten ist es aber nicht nur unsere Aufgabe, Sie mit seitenlangen Benchmarks zu erschlagen, sondern unsere Ergebnisse auch zu interpretieren, zu bewerten und vor allem verständlich aufzubereiten. Nicht immer gelingt uns das, etwa wenn wir uns in Details verlieren, die sicherlich für den versierten Leser interessant sein können, dem interessierten Laien beim Hardware-Kauf aber zunächst kaum weiterhelfen. Neben dem monatlichen Hauptheft bringen wir daher regelmäßig ein Sonderheft heraus, das quasi ein Destillat unserer aktuellen Produktempfehlungen darstellt – weniger ist eben manchmal mehr.

Zahlen Sie nicht zu viel!

Das würden wir sagen, wenn wir nur einen allgemeinen Rat zum Hardware-Kauf abgeben dürften. Denn die entscheidenden Komponenten, allen voran die Grafikkarten, werden mit jeder Generation teurer. Nvidias Geforce RTX 2080 Ti kostet mittlerweile einen dicken vierstelligen Betrag. Müssen wir das für einen Oberklasse-Spiele-PC heutzutage anlegen oder reicht nicht auch eine RTX 2060 oder AMD Vega 56? Abgesehen davon, dass Sie den Kompromiss zwischen Anspruch, Leistung und Budget selbst finden müssen, will ich nicht grundsätzlich etwa von einer RTX 2080 Ti abraten. Wenn sie Ihnen das Geld wert ist und Sie Ihnen Freude bereitet, greifen Sie zu. Sie zahlen nur dann zu viel, wenn die teure High-End-Grafikkarte beispielsweise mit einem billigen Monitor unterfordert wird. Klar ist die GPU die wichtigste und fast immer auch die teuerste Komponente im Gaming-PC. Aber Sie würden an der falschen Stelle sparen, wenn Sie anschließend kein Budget mehr für einen guten Monitor hätten, der die Grafikpracht der teuren GPU auch wiederzugeben vermag. Ebenso inkonsequent wäre die neue GPU im Gespann mit einer alten CPU, die für nervige Ruckler sorgt oder gar die Grafikleistung ausbremst. Damit Ihnen das nicht passiert, runden wir das Heft mit einem ausführlichen Praxisteil ab.

Manuel Christa
PC Games Hardware

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

COMPUTEC
MARQUARD MEDIA GROUP

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Hans Ippisch, Rainer Rosenbusch, Christian Müller

Brand / Editorial Director (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Daniel Hoffmann (dh), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Willi Tiefel (wt), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Mitarbeiter dieser Ausgabe Nikolas Schonath (ns)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Karline Folkendt
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, fs, wt, rv, tv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag (Ltg.), Simon Schmid
Produktion Martin Closmann

www.pcgameshardware.de

Brand / Editorial Director Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Willi Tiefel, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Digital Director Simon Fistrich
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, David Turkadze, Ali Adlah
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel, Jennifer Brechtelsbauer

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Sales Director
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Print / Digital
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

E-Commerce & Affiliate Daniel Waadt (Head of E-Commerce & Affiliate), Veronika Maucher
Creation & Services Wolfgang Fischer (Head of Creation & Services), Jan Weingarten
Corporate Sales & Publishing Dirk Gooding (Head of Corporate Sales & Publishing), Uwe Hönig

Anzeigenberatung Online Ströer Digital Media GmbH, Kehrwieder 8-9, 20457 Hamburg
Tel.: +49 40 – 468 567-100
www.stroeer.de, kontakt@stroeer.de

Anzeigendisposition Franziska Behme, Annett Heinze, anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 32 (01/2019)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,00 (€ 56,00 Österreich, € 60,00 Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: Walstead Central Europe, Poland, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA GROUP

Deutschland:
4PLAYERS, AREAMOBILE, BUFFED, GAMESWORLD, GAMEZONE, GOLEM, LINUX-COMMUNITY, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, MAKING GAMES, N-ZONE, GAMES AKTUELL, PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, RASPBERRY PI GEEK, SFT, VIDEOGAMESZONE, WIDESCREEN

Marquard Media Polska:
CKM, COSMOPOLITAN, ESQUIRE, HARPER'S BAZAAR, JOY, KOZACZEK, PAPILOT, PLAYBOY, ZEBERKA

Marquard Media Hungary:
APA, ÉVA, GYEREKLÉLEK, INSTYLE, JOY, MEN'S HEALTH, PLAYBOY, RUNNER'S WORLD, SHAPE

Ausblick: Neue Ryzen-3000-CPUs und Radeon RX 5700 (XT)

Die neue Generation an AMDs Ryzen-Prozessoren steht in den Startlöchern. Außerdem hat der Chiphersteller die GPU-Generation Navi alias Radeon RX 5700 offiziell vorgestellt. Wir fassen zusammen, was Sie von AMD in naher Zukunft erwarten können.

Grafikkarten: Gut und günstig

Der Mining-Boom ist überstanden und die Grafikkartenpreise fallen wieder auf ein humanes Niveau. Jetzt zur günstigen Radeon greifen oder in eine RTX investieren?

Prozessoren: Krieg der Kerne

Lange haben wir uns mit Dual- und Quad-Cores begnügt. Mittlerweile sind sechs bis acht Kerne in der Oberklasse Standard. Wie viele braucht nun der zeitgemäße PC?

Heftinhalt

Service

Editorial & Impressum ... 3
Inhaltsverzeichnis ... 4

Kaufberatung & Produktempfehlungen

Prozessoren ... 10
Mainboards ... 16
Arbeitsspeicher ... 24
Grafikkarten ... 28
SSDs ... 34
Prozessorkühler ... 38
Lüfter ... 42
Netzteile ... 46
Gehäuse ... 50
Monitore ... 54

Praxis & Info

Ausblick: Ryzen 3000 & RX 5700 (Navi) ... 6
Bauanleitung: AMD- & Intel-PCs ... 60
Tuning ... 70
Spielegrafik aufpolieren ... 78

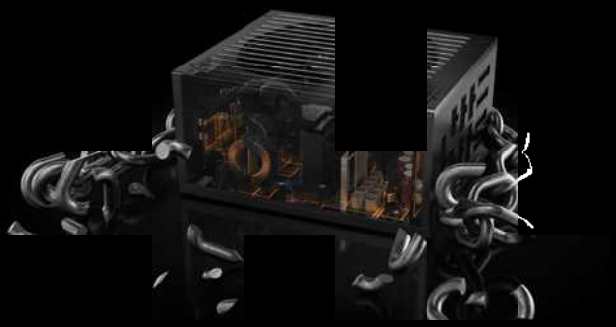
Unchain your PC
with wire-free power

STRAIGHT POWER 11

Leise, effizient - Weltklasse

Das be quiet! Straight Power 11 setzt neue Maßstäbe für flüsterleise Systeme, ohne auch nur geringste Kompromisse bei der Stromversorgung einzugehen.

- Nahezu unhörbarer Silent Wings 3 135mm Lüfter
- Trichterförmiger Lufteinlass am Netzteilgehäuse erhöht den Luftdurchsatz
- Kabelloses Design im Netzteil auf der DC-Seite steigert Kühlung und Langlebigkeit
- Vollmodulares Kabelmanagement für maximale Flexibilität
- 80 PLUS Gold Effizienz von bis zu 93%
- 5 Jahre Herstellergarantie



neu

DARK ROCK SLIM

Kompromisslos leise Kühlung der Superlative

Der Dark Rock Slim bietet eine besonders hohe Kühlleistung von 180W TDP und ist nahezu unhörbar leise. Perfekt für High-End-Systeme mit begrenztem Platzangebot.

- Platzsparender Aufbau blockiert keine Speicherbänke
- Silent Wings 3 120mm PWM-Lüfter
- Nahezu unhörbar mit nur 23,6dB(A) bei maximaler Drehzahl
- Maximale Wärmeleitfähigkeit dank vier hochleistungsfähiger Heatpipes
- Wellenförmige Kühllamellen verbessern die Luftzirkulation

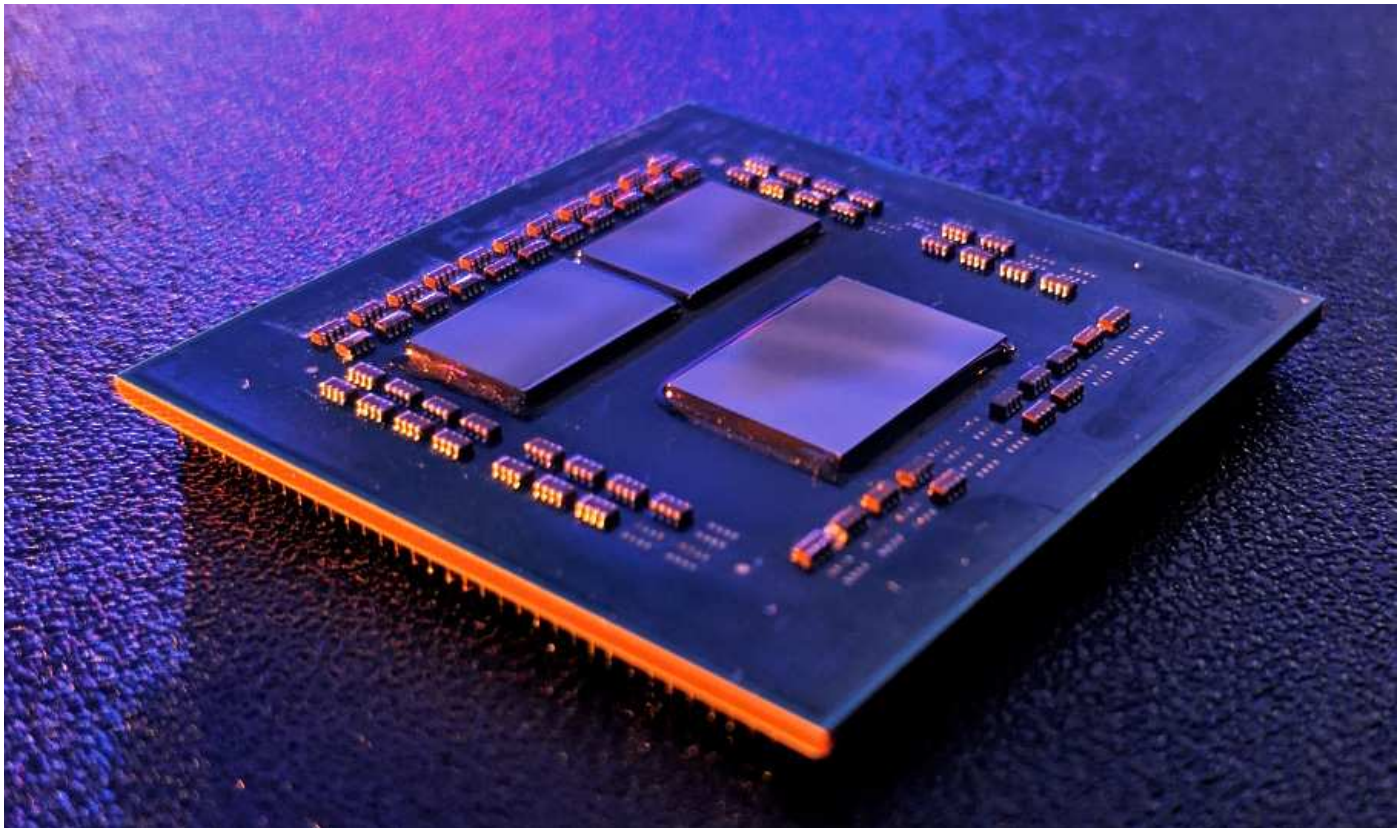
GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER

*GfK Panelmarkt, 2007-2019

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt .de

be quiet!®



Neue Chips von AMD

Nahezu gleichzeitig mit diesem Sonderheft erscheinen auch neue Prozessoren und Grafikkarten. Wir geben einen Ausblick auf AMDs Highlights des Sommers 2019.

Egal, wie man Erstverkaufstag, Drucklegung und Redaktionsschluss eines Heftes plant, eines ist garantiert: Irgendwann nachdem alle Termine unveränderlich festgezurrt wurden, wird ein Hardware-Hersteller ein tolles Produkt für die gleiche Woche ankündigen. Aber natürlich plant der Hersteller kaum Vorlauf für Testmuster ein, während zwischen Redaktionsschluss und Erscheinungstag genug Zeit für Druck und Distribution benötigt werden. Dieses Jahr übernehmen AMDs Zen-2-CPUs und Navi-10-GPUs die Rolle des Spielverderbers: Beide gehören zu den spannendsten Gaming-Produkten des Jahres 2019 und beide erscheinen offiziell am 7. Juli. Tests sind zur Produktion unserer Sonderheft-Artikel Mitte Juni aber noch nicht möglich.

Polierte Kristallkugel

Immerhin: Dank AMDs Salami-Launch-Politik gibt es vor dem offiziellen Verkaufsstart bereits umfangreiche Informationen zu Technik und Marktplatzierung sowie erste Herstellerangaben zur Leistung. Insbesondere letztere sind natürlich mit Vorsicht zu genießen und Intel – auf kaltem Fuße ohne direkten Gegenschlag in der Produkt-Pipeline erwischt – hat AMD sogar öffentlich aufgefordert, den Marketing-Versprechen ein offenes Duell in „realen Spielen" folgen zu lassen. Wir bemühen uns, aus der bunten Mischung von theoretischen Eckdaten und vermutlich den Bestfall wiedergebenden Vorführungen ein realistisches Gesamtbild zu extrahieren. Los geht es mit den CPUs.

Zen 2: Neue CPU-Architektur

Die im Mai vorgestellten Ryzen-3000G-APUs mit integrierter GPU (Codename „Picasso") stellen nur ein Refresh der 2000er-G-Modelle dar und nutzen noch die seit 2017 amtierende Zen-/Zen+-Architektur der 1000er- und 2000er-CPUs. Mit den 3000er-Hauptprozessoren (Codename „Matisse") ohne Grafikeinheit läutet AMD dagegen die Zen-2-Generation ein, welche bei gleicher Taktrate (IPC: Instructions Per Clock) im Schnitt 15 Prozent schneller als Intels Skylake-X-Architektur arbeiten soll. Letztgenannte wird allerdings auch von Sockel-1151-Coffee-Lake-Modellen um ca. 8 Prozent geschlagen und noch ist unklar, welche Anwendungen dem 15-Prozent-Durchschnitt zugrunde liegen.

Die Optimierungs-Schwerpunkte von Zen 2 sprechen hier eine geteilte Sprache. AMD gibt bis zu 30 Prozent Zuwachs in synthethischen Tests an, während unbestätigte Einträge in Benchmarkdatenbanken eine unveränderte IPC in Integer- und eine um 15 Prozent gesteigerte in FPU-Berechungen gegenüber Ryzen 2000 belegen. Erstgenannter Wert, also die Rechengeschwindigkeit mit ganzen Zahlen, spielt in Spielen meist die kleinere Rolle, die 15 Prozent Zuwachs bei Gleitkommaberechnungen machen dagegen Hoffnung auf höhere Gaming-Performance. Theoretisch könnte AMDs renovierte FPU (Floating Point Unit) sogar eine IPC-Verdoppelung erzielen: Zen- und Zen+-CPUs brauchen für die Berechnung der komplexesten 256-Bit-AVX-Befehle zwei komplette Durchläufe, da ihre FPU intern nur mit 128 Bit rechnet. Zen 2 mit nativen 256 Bit erledigt die gleiche Arbeit in einem Taktzyklus. Auch wenn die dafür benötigte Energie bei starker AVX2-Last vermutlich genau wie bei Intel eine Taktdrosslung erzwingt, ist ein dramatischer Leistungsanstieg zu erwarten – aber eben nur für AVX-Code.

Dieser kommt in Spielen weiterhin quasi gar nicht und in Anwendungen nur selten vor. Je nachdem, wie groß der Anteil synthetischer AVX-Benchmarks an den „15 Prozent" ist, kann dieses Plus in Spielen also erreicht, deutlich über- aber auch deutlich unterschritten werden.

MCM: Neuer Aufbau

Die zweite revolutionäre Neuerung neben dem internen Aufbau der Kerne selbst ist deren Platzierung und Anbindung im Prozessor. AMD nutzt ein Multi-Chip-Package, das wir so zuletzt 2010 bei Intels Clarkdale-Prozessoren gesehen haben: Die Rechenkerne und der L3-Cache sitzen auf einem oder – bei den Topmodellen – sogar mehreren Siliziumchips (siehe links), während alle I/O-Funktionen, also vor allem der RAM- und der PCI-Express-Controller, auf einem weiteren gruppiert sind. Der Nutzer merkt davon zunächst nichts, denn alle Chips sind im gleichen Prozessorpackage versteckt und untereinander mit einem schnellen Infinty-Fabric-Link verbunden. Man hat es also weiterhin mit „einer CPU" zu tun. AMD spart aber Entwicklungs- und Fertigungskosten ein, da das Rechen-Silizium einheitlich für alle Prozessoren vom Desktop-4-Kerner bis zum Server-64-Kerner sowie vermutlich auch die kommende Konsolengeneration genutzt wird. Je nach Plattform wechseln zwar Chiplet-Anzahl und der I/O-Chip, es muss aber nicht jedesmal ein kompletter Prozessor neu konstruiert werden.

Insbesondere Gamer könnten neben niedrigen Preisen auch die Schattenseiten dieses Designs zu spüren bekommen. Viele Spiele benötigen zwischen den CPU-Kernen und dem RAM-Controller, aber auch untereinander eine extrem schnelle Kommunikation. AMDs bisherige Threadripper-Modelle, bei denen ebenfalls mehrere, wenn auch weniger spezialisierte Chips verbaut werden, haben Probleme mit der Gaming-Leistung, wenn Daten vom Speicher-Controller in den Kernen eines Nachbar-Chips benötigt werden. Bei Ryzen 3000 wird dieser zusätzliche „hop" nun für jeden Zugriff erforderlich sein, AMD verspricht aber im Gegenzug intensive Optimierungen bei der Chip-zu-Chip-Verbindung. Außerdem steht insgesamt die doppelte (!) Menge an Cache zur Verfügung, um Daten lokal griffbereit zu halten. Praxistests in Spielen werden zeigen, ob damit potenzielle Probleme komplett vermieden oder zumindest soweit gemindert werden, dass man (nur) die anderen Verbesserungen spürt.

7 nm: Feinere Fertigung

Die neben der neuen Kernarchitektur wichtigste Neuerung ist dabei der Fertigungsprozess der CPU-Chiplets. Während der I/O-Chip im gleichen, günstigen 14-nm-Prozess bei Global Foundries prodiziert wird (wie die kompletten Ryzen-1000- und -2000-CPUs), lässt AMD die eigentlichen Recheneinheiten bei TSMC in der nagelneuen 7-nm-Fertigung auflegen, welche im Desktopmarkt zuvor nur für die Radeon VII genutzt wurde. Die direkte Folge sollten entweder spürbar höhere Taktraten bei gleicher Leistungsaufnahme oder aber ein deutlich reduzierter Stromverbrauch bei gleichem Takt sein.

Neue Modelle, gleicher Takt

AMD betreibt offensichtlich eine Mischkalkulation: Während der maximale Turbotakt mit 4,4 bis 4,7 GHz etwas über das Ryzen-2000-Niveau von 4,0 bis 4,3 GHz steigt und auch die Basistaktraten wenige 100 MHz auf bis zu 3,9 GHz wachsen, gibt es nun einen ersten „X"-Achtkerner mit einer spezifizierten Wärmeabgabe von 65 Watt satt bislang 95 bis 105 Watt. Diese reichen umgekehrt für neue Topmodelle mit 12 und ab September sogar mit 16 Kernen. Statt weniger Verbrauch oder mehr Takt gibt es also 50 bis 100 Prozent mehr Recheneinheiten. Letzteres erfordert aber vermutlich eine Geschwindigkeitsreduzierung: Mit 3,5 GHz fällt der Basistakt des Ryzen 9 3950X gegenüber dem des Ryzen 7 2700X klar zurück, obwohl deutlich höhere Turbotaktraten garantiert werden, wenn nur ein Teil der Kerne ausgelastet wird.

Es liegt nahe, dass viele Kerne bei vertretbarer Wärmeentwicklung, aber nur mittleren Taktraten im Fokus der Zen-2-Entwicklung standen. Einerseits braucht AMD ein derart effizienz- statt taktoptimiertes Design, um im Servermarkt 64-Kern-Epyc-Prozessoren anbieten zu können. Andererseits bescheinigen erste Extrem–Übertaktungsversuche dem 16-Kerner kaum Übertaktungsreserven. Selbst unter Einsatz von Flüssigstickstoff und einer Kernspannung von über 1,6 Volt wurden 5,0 GHz nur knapp erreicht, mit sehr starker konventioneller Kühlung waren 4,3 GHz bei 1,5 Volt nicht möglich. Zum Vergleich: Gute Zen+-Achtkern-Exemplare arbeiten mit Luftkühlung und 1,3 bis 1,4 Volt stabil bei 4,4 bis 4,5 GHz, unter Extrembedingungen wurden 6 GHz erreicht. Die feinere Fertigung der Zen-2-Generation sollte eigentlich mit einer geringeren Kernspannung auskommen. Auch wenn den Übertaktern möglicherweise nur qualitativ minderwertiges Vorseriensilizium zur Verfügung stand, scheinen die (Alltags-)Grenzen von Zen2 also im hohen 4,x-GHz-Bereich zu liegen.

Neue Ryzens: Leistung

Wie sieht es nun aber „auf dem Platz" aus? Mit etwas höherem Takt, größeren Caches und, bei gleicher Verlustleistung, mehr Kernen sollten die Ryzen-3000-CPUs kein Problem haben, ihre 2000er-Vorgänger zu schlagen. AMD selbst verspricht für den Ryzen 9 3900X die doppelte Leistung eines Ryzen 7 1800X! Selbst wenn der 12-Kerner in Spielen Probleme mit seinen auf drei Chips verteilten Funktionseinhei-

Kommende CPUs mit Zen-2-Architektur

Name (Kerne/Threads)	**Basistakt**	**Max. Turbo**	**Cache l2/l3**	**TDP**	**UVP**
Ryzen 9 3950X (16/32)	3,5 GHz	4,7 GHz	8 + 64 MiB	105 W	749 US-Dollar
Ryzen 9 3900X (12/24)	3,8 GHz	4,6 GHz	6 + 64 MiB	105 W	499 US-Dollar
Ryzen 7 3800X (8/16)	3,9 GHz	4,5 GHz	4 + 32 MiB	105 W	399 US-Dollar
Ryzen 7 3700X (8/16)	3,6 GHz	4,4 GHz	4 + 32 MiB	65 W	329 US-Dollar
Ryzen 5 3600X (6/12)	3,8 GHz	4,4 GHz	3 + 32 MiB	95 W	229 US-Dollar
Ryzen 5 3600 (6/12)	3,6 GHz	4,2 GHz	3 + 32 MiB	65 W	199 US-Dollar

Der 3950X wird ab September, alle anderen Modelle bereits ab Juli angeboten.

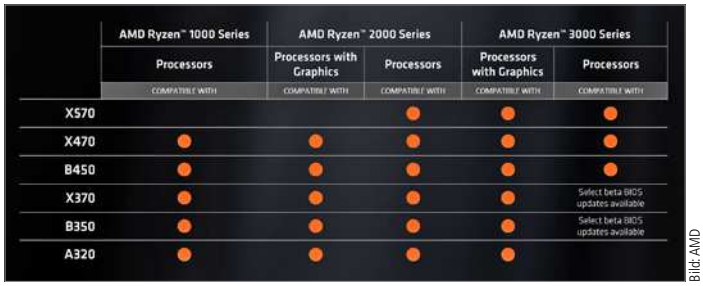


Bild: AMD

AMDs dritte AM4-Mainboardkombination (X570) wird nicht mehr mit Gen1-Prozessoren kompatibel sein, Gen1-Boards umgekehrt nur eingeschränkt mit Gen3-CPUs.

Bild: AMD

Mehr als acht PCI-E-Lanes und endlich mehr als 2.0-Geschwindigkeit: Der X570 ist ein großer Fortschritt gegenüber dem X470 und ermöglicht High-End-AM4-Platinen.

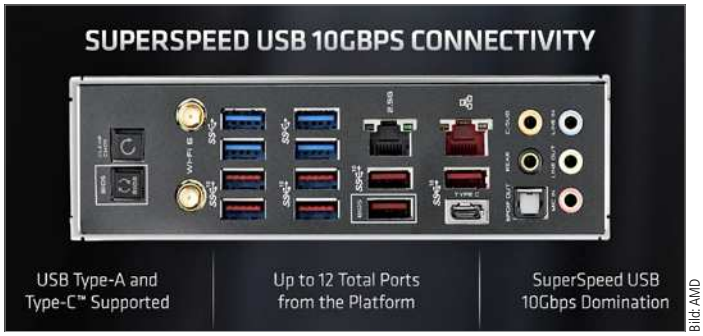


Bild: AMD

Statt 2× USB 3.0 und 10× 3.0 bietet die nächste AM4-Generation 12 native USB-10-GBit/s-Controller, günstige Platinen werden aber teilweise nur 5 GBit/s routen.

ten bekommt, werden zumindest die sparsamen Achtkerner mit zwei Chips auf ganzer Linie Fortschritte bringen. Gegen die aktuelle Desktop-Spitze in Form von Intels Coffee Lake wird es schwieriger. Taktraten und IPC-Versprechen lassen bei Nutzung von acht Kernen gerade so einen Gleichstand mit dem Core i9-9900K erwarten – mehr Kerne würden den Ausschlag zugunsten eines Sieges bringen, geringerer Praxis-IPC-Zuwachs und die weiterhin schlechte Nutzung von mehr als sechs Kernen in den meisten Spielen könnten aber selbst den 3950X ausbremsen.

AMD selbst hat drei Hinweise auf die reale Leistung gegeben: Im Januar schlug ein Vorserien-Zen-2-Achtkerner öffentlich einen Intel Core i9-9900K mit 2.057 zu 2.040 Punkten im Cinebench R15. Beide Systeme arbeiteten mit dem von Intel spezifizierten DDR4-2666-Speicher, dabei werden die Ryzen-3000-CPUs offiziell DDR4-3200 unterstützen und übertaktet ähnlich leicht 4.000er-Niveau erreichen sollen wie der i9-9900K. AMD legte den Fokus derweil auf 130 Watt Stromverbrauch bei Zen 2 und 180 Watt bei Intel, allerdings dürfte die Auto-Konfiguration des Intel-Mainboards dafür mitverantwortlich sein: High-End-Platinen für Intels Sockel 1151 nutzen notorisch zu hohe Kernspannungen und erlauben stark erhöhte CPU-Leistungsaufnahmen, um leichtes Übertakten zu suggerieren. Ohne zusätzliche manuelle Taktanhebung resultieren aber keine Leistungsgewinne, sondern massive Effizienzverluste. Ein gemäß Intels Vorgaben betriebenes i9-9900K-System erzielt 1.894 Punkte in PCGH-Tests und verbraucht dabei, je nach Mainboard und Grafikkarte, 125 bis 140 Watt. AMDs selektierte Vorserien-Demo hätte demnach bei gleichem Verbrauch knapp 9 Prozent Leistungsvorsprung.

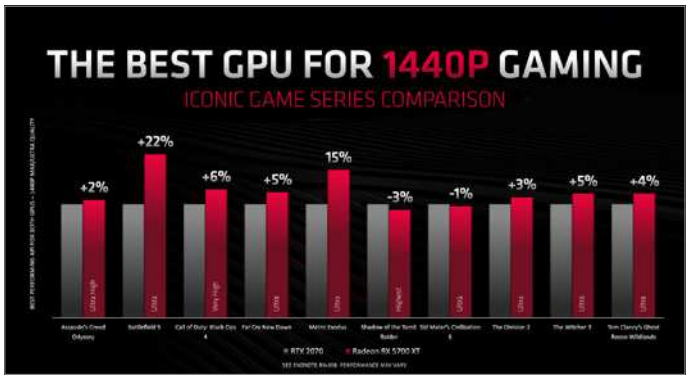


Bild: AMD

Laut AMD (!) ist die RTX 2070 geschlagen – wir halten Gleichstand für realistisch und erfreulich. Nebenbei führt Navi PCI-E 4.0 für GPUs ein, obwohl 3.0 noch ausreicht.

Die Radeon RX 5700 XT erscheint vorerst nur mit einem mutmaßlich lauten (aber formschönen) DHE-Kühler („Blower"). Custom-Modelle werden für August erwartet.

Für dem Serien-Ryzen-3800X verspricht AMD dagegen 1,5 Prozent Leistungsvorteil im Cinebench R20. Letzterer nutzt im Gegensatz zur alten R15-Version AVX, wovon Core i9 und Zen 2 aber in ähnlichem Maße profitieren sollten. Leider erlauben alle Cinebench-Versionen nur eingeschränkte Rückschlüsse auf die Spieleleistung, da der Rendertest extrem unempfindlich gegenüber Latenzen und Kommunikationseinschränkungen zwischen den Rechenkernen ist. So erreicht bereits der Ryzen 7 2700X 1.793 Cinebench-R15-Punkte, liegt also nur 5 Prozent hinter dem i9-9900K. In Spielen beträgt der Abstand dagegen 23 Prozent. Ein relativer Zugewinn von 14 Prozent im Cinebench bescheinigt den Zen-2-Achtkernern also noch keine Spiele-Leistung auf i9-9900K-Niveau.

Diese möchte AMD mit hauseigenen Spiele-Benchmarks demonstrieren, deren genaue Bedingungen aber unbekannt sind. Vermutlich wurden sie, genauso wie die Spiele-Auswahl, eher mit Blick auf ein schönes Ergebnis denn wegen ihrem Praxisbezug ausgewählt – nur so können wir uns erklären, wieso man die CPU-Leistung ausgerechnet in populären, aber alten oder einfach gehaltenen Multiplayer-Titeln misst, die alle aktuellen Prozessoren mit Leichtigkeit stemmen. So spielen sich AMDs „bis zu 34 Prozent" Leistungsvorsprung (3700X gegenüber 2700X) größtenteils bei über 200, teilweise über 350 Fps ab und sagen wenig über die Spielbarkeit aktueller CPU-Mörder wie Anno 1800 oder Assassin's Creed Odyssey aus. Auch dass der 3900X mit 429 Fps in AMDs CS:Go-Tests knapp vor dem i9-9900K liegt und mit 176 Fps in GTA 5 quasi gleichzieht, hilft Kingdom-Come-Spielern resepektive -Diashow-Betrachtern nicht weiter.

Insgesamt rechnen wir mit einer leichten Verringerung des Abstandes in klassischen Intel-Domänen, die eine hohe Leistung pro Takt verlangen, sowie mit einer deutlichen Leistungssteigerung in den wenigen Titeln mit sehr guter Mehrkernoptimierung, die AMD-Prozessoren bereits heute vergleichsweise gut liegen. Ob das Ergebnis im Durchschnitt für die Gesamt-Gaming-Krone reicht, wird sich aber noch zeigen müssen – absolut wird es knapp und pro Watt ebenfalls. In Sachen Leistung pro Euro setzen AMD-CPUs aber mit Sicherheit erneut Maßstäbe, so wird Intels Zwölfkerner i9-9920X um circa 50 Prozent unterboten!

Neue Plattform: X570

Beim passenden Unterbau muss man sich dagegen von besonders günstigen Preisen verabschieden müssen. Zwar läuft Ryzen 3000 nach einem UEFI-Update auch auf allen alten B450- und X470- sowie einigen B350-X370-Mainboards, deren Ausstattung war aber nie angemessen für High-End-CPUs. AMD erweitert das Portfolio an I/O-Hubs deswegen um den X570 und bohrt auch die Fähigkeiten der CPU-internen Controller maßgeblich auf, wovon aber nur die neue Mainboard-Generation profitieren wird. Highlight sind 20 PCI-Express-4.0-Lanes in der CPU (statt 3.0 bei Ryzen 1000/2000) und vor allem weitere bis zu 16 im I/O-Hub. Aufgrund von Ressourcen-Sharing mit SATA-Ports werden es in der Praxis eher deren 12 sein, verglichen mit 8 Lanes im lahmen 2.0-Standard beim X470 macht AMD aber einen riesigen Sprung nach vorne. Endlich können auch in AM4-Systemen mehrere NVME-SSDs mit 32 GBit/s betrieben werden. Zum Vergleich: Intels Sockel-1151-Spitze mit Z390-PCH bietet SATA- und USB-bereinigt zwar ebenfalls 32 Lanes (hier 16× CPU + 16× PCH), aber mit 3.0-Geschwindigkeit. Noch reicht diese für alle Anwendungszwecke, künftige PCI-Express-4.0-Erweiterungen wird AMD aber mit doppelter Geschwindigkeit anbinden können. Leider mehr als verdoppelt wurde in diesem Zuge die Wärmeentwicklung – quasi alle X570-Mainboards tragen potenziell störende Mini-Lüfter. Auch die Preise sollen mit bis zu 700 Euro deutlich über dem X470- und leicht über dem Z390-Spektrum liegen.

Spezifikationsübersicht: Navi neben Vega und Turing (Referenzkarten/Founders Editions)

Modell	RX 5700 XT 50th Anniversary Ed.	Radeon RX 5700 XT	Radeon RX 5700	Geforce RTX 2070 FE	Geforce RTX 2060 FE	Radeon VII	Radeon RX Vega 64	Radeon RX Vega 56
Codename/Konfektion	Navi 10 XT	Navi 10 XT	Navi 10 XL	TU106-400A	TU106-400(A)	Vega 20 XT	Vega 10 XT	Vega 10 XL
Chipgröße (reine Siliziumfläche)	251 mm²	251 mm²	251 mm²	445 mm²	445 mm²	331 mm²	486 mm²	486 mm²
Transistoren Grafikchip (Mio.)	10.300	10.300	10.300	10.800	10.800	13.200	12.500	12.500
Fertigungsverfahren	7 nm FF	7 nm FF	7 nm FF	12 nm FFN	12 nm FFN	7 nm FF	14 nm LPP	14 nm LPP
ALUs/SIMDs/TMUs/ROPs	2.560/40/160/64	2.560/40/160/64	2.304/36/144/64	2.304/36/144/64	1.920/30/120/48	3.840/60/240/64	4.096/64/256/64	3.584/64/224/64
GPU-Basistakt (MHz)	1.680	1.605	1.465	1.410	1.365	1.400	1.247	1.156
GPU-Boost in Spielen/max. (MHz)	1.830*/1.980	1.755*/1.905	1.625*/1.725	1.710	1.680	1.750	1.546	1.471
FP32/FP64-Leistung (TFLOPS)	9,37/?	8,99/?	7,49/?	7,88/0,25	6,45/0,20	13,44/3,36	12,66/0,79	10.544/659
Größe des Level-2-Cache (KiB)	4.096	4.096	4.096	4.096	3.072	4.096	4.096	4.096
Speicheranbindung und -typ	256 Bit GDDR6	256 Bit GDDR6	256 Bit GDDR6	256 Bit GDDR6	192 Bit GDDR6	4.096 Bit HBM2	2.048 Bit HBM2	2.048 Bit HBM2
Geschwindigkeit RAM (GT/s)	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	2,00	1,89	1,60
Speicherübertragung (GB/s)	448,0	448,0	448,0	448,0	336,0	1024,0	483,8	409,6
Speicherkapazität (MiB)	8.192	8.192	8.192	8.192	8.192	16.384	8.192	8.192
PCI-Express-Stromanschlüsse	Je 1 × 6-/8-polig	Je 1 × 6-/8-polig	2 × 6-polig	1 × 8-polig	1 × 8-polig	2 × 8-polig	2 × 8-polig	2 × 8-polig
Typische Leistungsaufnahme	235 Watt	225 Watt	180 Watt	185 Watt	160 Watt	300 Watt	295 Watt	210 Watt
Unverbindliche Preisempfehlung	499 US-Dollar	449 US-Dollar	379 US-Dollar	629 Euro	369 Euro	729 Euro	499 Euro	399 Euro

Bemerkungen: Angabe der Rechenleistung auf Basis des Boost-Takts in Spielen. *Von AMD „Game Clock" genannt – der offizielle Durchschnittstakt beim Spielen. Die DP-/FP64-Leistung schätzen wir auf 1/16 der FP32-Leistung, wie bei Polaris. Bestätigt ist dies jedoch nicht. Bei Redaktionsschluss am 12. Juni waren außerdem die Euro-Preise unbekannt.

Navi 10: Neue Architektur

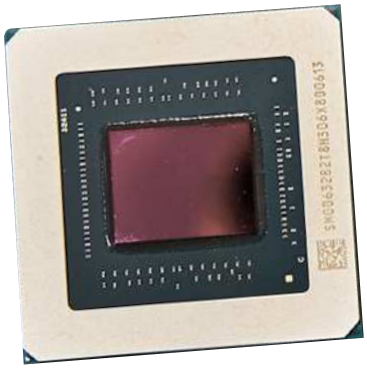
AMDs zweite große Neuvorstellung im Sommer 2019 wurde gerade noch rechtzeitig am Tag der Heftabgabe detailliert vorgestellt. Die Radeon RX 5700 soll als beschnittene Normal-, voll ausgebaute XT- und zusätzlich leicht übertaktete Jubiläums-Edition zu AMDs 50. Geburtstag den Kampf in der Grafikkarten-Oberklasse anheizen. Bislang konnte AMD hier nur die vergleichsweise ineffizienten, aufwendigen Vega-Modelle anbieten. Diese erreichen zwar mit Mühe die Leistung Nvidias gehobener Mittelklasse, können mit ihrem exotischen HBM-Speicher aber genauso wenig Preisdruck ausüben, wie die seit Januar verfügbare, ebenfalls von teuren Workstation-/Server-Beschleunigern abstammende Radeon VII im High-End-Bereich.

Die neue RX-5700-Familie setzt dagegen auf konventionellen, von Nvidia bekannten GDDR6-Speicher und eine komplett neuen inneren Aufbau. Während die alte GCN-Architektur immer Probleme hatte, ihre Shader-Einheiten vollständig auszulasten, sodass im Spieleeinsatz meist nur ein Teil der beeindruckenden Rechenrohleistung „auf die Straße gebracht" werden konnte, wurde der Nachfolger RDNA konsequent auf Effizienz getrimmt. AMD verspricht 50 Prozent Leistungszuwachs gegenüber der Vorgängergeneration bei gleichem Stromverbrauch. Von diesen 50 Prozent sollen knapp 29 Prozent allein auf die effizientere Auslastung der Recheneinheiten zurückzuführen sein und weitere knapp 14 Prozent auf die von Zen 2 und der Radeon VII bekannte TSMC-7-nm-Fertigung. Die restlichen 7 Prozent resultieren aus Takt- und Verbrauchsoptimierungen, das heißt die neue Architektur lässt sich etwas leichter hochtakten ohne dass der Stromverbrauch durch die Decke geht.

Navi 10: Die neue GPU

Natürlich macht eine Architektur noch keine Grafikkarte – GPUs unterscheiden sich stark in der Breite, das heißt, wie oft die Funktionselemente der Architektur eingesetzt werden. Allen neuen Radeon-Modellen liegt hierbei der Navi-10-Chip zugrunde, welcher einer Mittel- bis Oberklasse-Implementierung der RDNA-Architektur entspricht – Navi 10 ist keine High-End-GPU. Die Anzahl der Shader-Einheiten wurde gegenüber Vega deutlich reduziert, um eine geringe Chipgröße sowie akzeptable Preise zu realisieren und den Stromverbrauch niedrig zu halten. Dank des gestiegenen Taktes und der deutlich besseren Auslastung verspricht AMD für die Radeon RX 5700 XT dennoch 31 Prozent mehr Leistung gegenüber der Vega 56 – und das in, soweit bekannt, relevanten Szenarien: Flüssige Frameraten in aktuellen AAA-Spielen bei 2.560 × 1.440 Pixeln (WQHD) dürften für viele GPU-Aufrüster ein wichtiger Aspekt sein. Die Vega 56 ist allerdings ein eher leistungsschwaches Vergleichsobjekt – sollte unser Benchmark-Parcours ebenfalls mit 30 Prozent Leistungszuwachs reagieren, wäre nur knapp das Niveau der Vega 64 LCE überboten. AMD dagegen zielt höher und möchte in den hauseigenen Benchmarks bis zu 22, im Schnitt 6 Prozent Vorsprung gegenüber Nvidias RTX 2070 erzielt haben. Das wäre im PCGH-Benchmark-Parcours eine Punktlandung auf der deutlich teureren Radeon VII. Vermutlich wird AMD die Benchmark-Titel aber allgemein nicht zugunsten Nvidias ausgewählt haben, sodass zwischen VII und RTX 2070 mehr als sechs Prozent Abstand lagen respektive Letztgenannte einfach allgemein etwas schneller Abschnitt als in objektiven PCGH-Tests.

Nichtsdestotrotz dringt die Radeon RX 5700 XT damit in Marktregionen vor, in denen AMD längere Zeit gar nicht vertreten war und bei einer UVP von 450 US-Dollar würde ein Gleichstand mit der Geforce RTX 2070 vollkommen ausreichen, um den Markt durcheinander zu wirbeln. Zahlreiche Gerüchte legen nahe, dass genau dies der Fall sein wird, denn Nvidia soll parallel eine verbesserte RTX 2070 „Super" als Gegenschlag vorbereiten und auch RTX 2080 und RTX 2060 aufwerten. Die „Super"-Ausführung letzterer wird dann an der RX 5700 (ohne XT – siehe Tabelle oben) zu knabbern haben, welche laut AMD 12 Prozent vor der Nvidias normaler 370-Euro-Geforce namens RTX 2060 liegen soll. *(tv)*



Der erste Gaming-Chip mit 7-nm-Strukturen: AMDs Navi 10 bringt 10,3 Milliarden Transistoren auf lediglich 251 mm² unter.

Seasonic
THE HEART OF YOUR SYSTEM
FOCUS+
850 | 750 | 650 | 550 W
1000 | 850 | 750 | 650 | 550 W
EUROPEAN HARDWARE AWARDS 2018
BEST PSU SERIES
Seasonic Focus Plus
ALTERNATE
Caseking.de
3DCenter
BRACK.CH
K&M
cyberport
digitec.ch
Mindfactory.de
notebooksbilliger.de

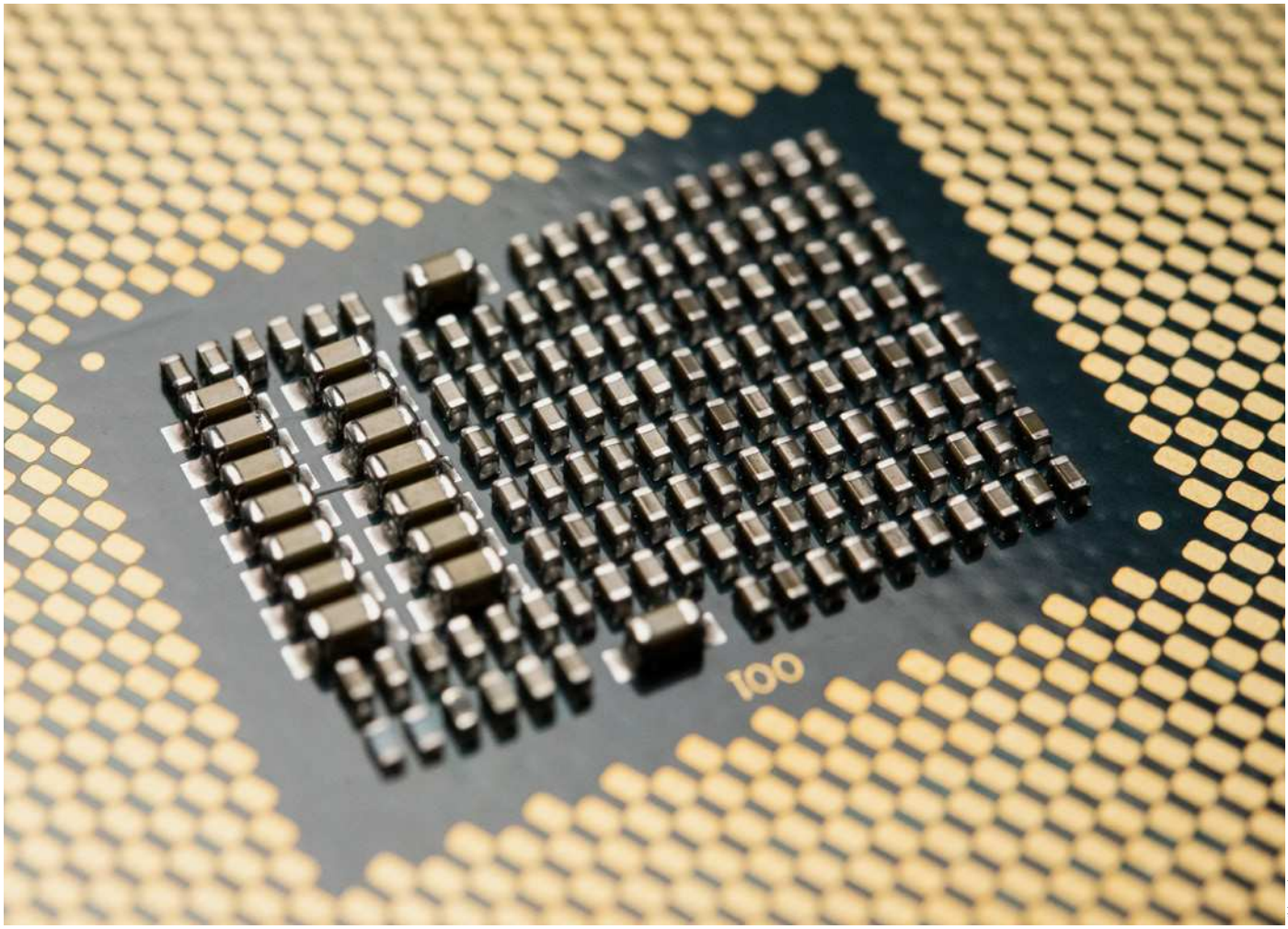


Bild: Intel

Prozessoren

Wie viele Kerne ein Prozessor im Jahr 2019 haben sollte, hängt von seinem Einsatzgebiet ab. In diesem Artikel verraten wir, welche CPUs am besten zum Spielen und Rendern geeignet sind.

Wenn sich im Hardware-Bereich etwas regt, dann bei den Prozessoren. Alles begann im Jahr 2017: AMD erwachte aus dem Tiefschlaf und brachte mit dem Ryzen-Portfolio nicht nur frischen Wind, sondern einen regelrechten Orkan in den Markt. Platzhirsch Intel sah sich zu drastischen Maßnahmen gezwungen und krempelte ebenfalls sein komplettes Angebot um. Das freut den Kunden, denn Mitte 2019 erhalten Aufrüster mehr Kerne und somit mehr Leistung denn je.

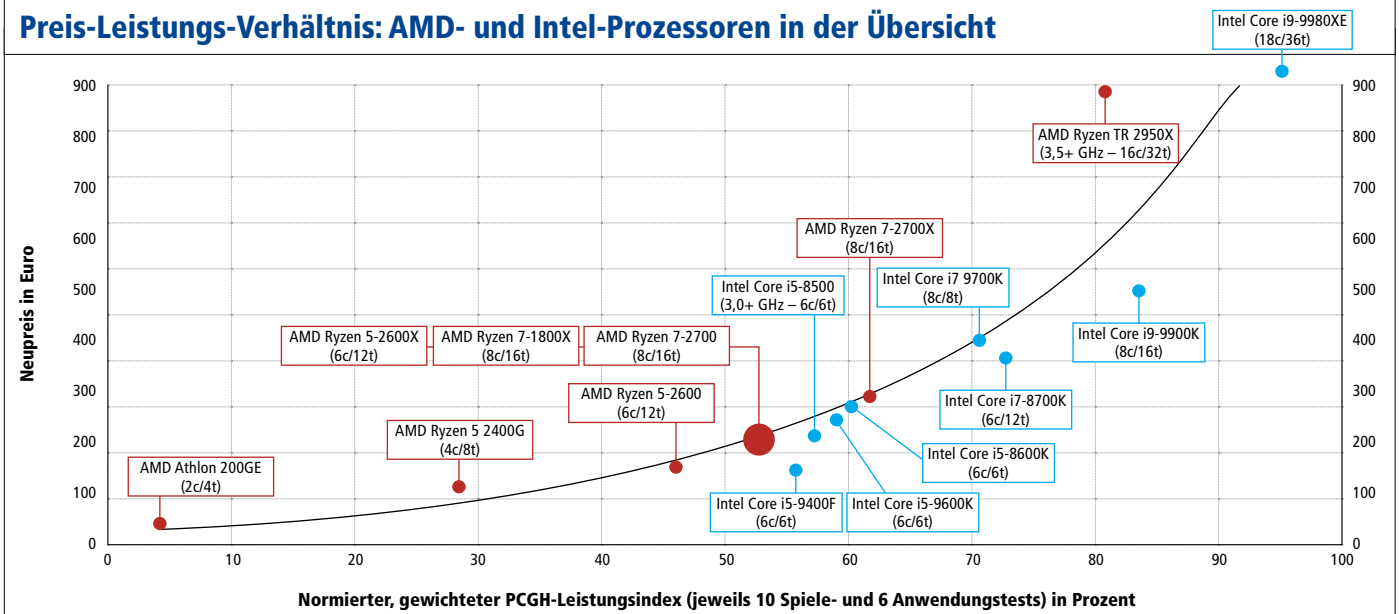
In diesem Artikel klären wir, welche Prozessoren sich für welchen Einsatzzweck lohnen, wobei der Fokus PCGH-typisch auf PC-Spielen liegt.

Das Fundament wählen

Mit dem Prozessor geht die Entscheidung für eine bestimmte Plattform einher. Von älteren raten wir bei einem Neukauf ab, denn auch wenn beispielsweise ein Core i7-6700K leistungsmäßig noch gut mit einem neueren 8700K/9700K mithält, investiert man in veraltete Technik zu recht hohen Preisen. Sie bekommen einen neuen Sechs- und sogar Achtkerner inzwischen zu sehr günstigen Preisen.

Intels Einsteiger- und Mittelklasse passt auf den Sockel 1151 und ist zu Preisen zwischen rund 50 und 350 Euro erhältlich. Für Spielerbelange brauchbare Modelle beginnen beim Zweikerner Pentium G5400, der mit seinen 3,7 GHz dank Simultaneous Multithreading (SMT) immerhin bis zu vier Threads bereitstellt und damit noch alle Spiele ausführen kann. Wirklich sinnvoll ist die Investition in einen Zweikerner nicht mehr, denn nach der Ryzen-Einführung haben Vierkern-Chips endlich auch das Einsteigersegment erobert. PC Games Hardware rät dazu, mindestens einen Quadcore zu kaufen. Bei Intel erfordert beinahe jede CPU-Generation ein neues Mainboard – Kaby Lake läuft als „Takt-Upgrade" von Skylake mit passendem UEFI allerdings noch in Boards der 100-Serie. Die aktuellen Coffee-Lake-CPUs der 9000er-Reihe jedoch erfordern Platinen mit 300er-I/O-Hub. Übertakter wählen Mainboards mit dem in der Regel kräftig gekühlten Z370, Nutzer mit gemäßigten Ansprüchen ohne Overclocking-Ambitionen greifen zum B360. Die im Frühjahr 2018 erneuerte AMD-Mittelklasse mit dem Namen Ryzen 2000 fußt nach wie vor auf dem Sockel AM4 und stellt die modernste AMD-Plattform mit DDR4-Speicher, nativem USB 3.1, PCI-E-3.0-Steckplätzen für Grafikkarten wie auch schnelle M.2-SSDs dar. Der Hersteller sieht vor, dass entsprechende Prozessoren mit dem ebenfalls neuen Platform-Controller-Hub (PCH) X470 verwendet werden. Spätestens nach einem UEFI-Update laufen Ryzen-2000-Prozessoren aber auch mit einem X370 oder B350-Board aus dem Jahr 2017 – nur bei einigen OC- und Boost-Funktionen müssen Sie geringfügige Einschränkungen in Kauf nehmen, die sich jedoch

Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren in der Übersicht



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	AMD Athlon 200GE (2c/4t)	**100,0%**	100,0%	100,0%	28,2%	45
	Intel Core i5-9400F (6c/6t)	**78,7%**	69,2%	92,8%	66,6%	150
	AMD Ryzen 5 2600 (6c/12t)	**77,7%**	63,2%	99,5%	59,5%	150
	AMD Ryzen 5 2400G (4c/8t)	**69,7%**	61,6%	81,8%	46,2%	120
	AMD Ryzen 5 2600X (6c/12t)	**66,1%**	53,9%	84,5%	64,2%	180
	AMD Ryzen 7 1800X (8c/16t)	**56,7%**	42,3%	78,3%	65,3%	215
	Intel Core i5-8500 (6c/6t)	**54,5%**	50,2%	60,9%	67,9%	215
	Intel Core i5-9600K (6c/6t)	**49,5%**	45,1%	56,2%	69,4%	250

	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
	AMD Ryzen 7 2700X (8c/16t)	**48,4%**	36,0%	67,0%	71,2%	290
	Intel Core i5-8600K (6c/6t)	**47,9%**	43,9%	54,0%	69,9%	270
	AMD Ryzen 7 2700 (8c/16t)	**47,7%**	36,9%	63,9%	65,4%	210
	Intel Core i7-8700K (6c/12t)	**38,3%**	32,3%	47,2%	79,5%	370
	Intel Core i7-9700K (8c/8t)	**34,8%**	31,0%	40,5%	77,9%	400
	Intel Core i9-9900K (8c/16t)	**33,0%**	26,9%	42,3%	87,6%	500
	AMD Ryzen TR 2950X (16c/32t)	**22,9%**	12,2%	38,9%	85,4%	890
	Intel Core i9-9980XE (18c/36t)	**11,3%**	6,2%	18,9%	100,0%	2.045

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Exponentielle Trendlinie.

keinesfalls auf die gefühlte Leistung auswirken. Im Laufe des Sommers 2018 folgte außerdem der B450 als Erbe des B350. Dieser kostenoptimierte I/O-Hub lohnt sich vor allem für Anwender, die einen Vier- oder Sechskern-Ryzen verwenden und zu keiner Zeit übertakten möchten. Für diese Zwecke genügt prinzipiell auch der gereifte B350.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Sonderausgabe ist Ryzen 3000 schon am Horizont zu sehen. Das bedeutet für den findigen Kunden zweierlei: Ryzen-2000-CPUs werden wohl noch günstiger und es lohnt sich vielleicht, einen Blick auf das künftige Portfolio von AMD zu werfen. Dort könnte sich auch wieder der ein oder andere Preis-Leistungs-Sieger verstecken. Sprach beim Neukauf eines Spiele-PCs früher hauptsächlich ein knappes Budget für eine AMD-CPU, ist die Sachlage heute anders: AMD-Chips liefern in jeder Situation eine hohe Leistung. Das gilt vor allem dann, wenn Sie in hohen Auflösungen wie 2.560 × 1.440 oder höher mit maximaler Detailstufe spielen – dort bestimmt in erster Linie die Grafikkarte die erreichbare Bildrate. Starke Intel-CPUs wie der Core i7-8700K und i9-9900K sind beim High-Fps-Gaming in niedrigeren Auflösungen jedoch nach wie vor im Vorteil, etwa wenn ein 144-Hz-Display entsprechend befeuert werden soll.

Die richtige Gaming-CPU

Sofern Ihr Budget es erlaubt, raten wir Ihnen zum Genießen moderner PC-Spiele zu einem flotten Vierkerner – so viel Luxus sollten Sie sich gönnen. Einzelne Titel, speziell aus dem Indie-Bereich, kommen zwar auch noch gut mit zwei Kernen ohne SMT aus, manche Spiele allerdings starten erst bei vier Hardware-Threads. Allerdings setzt eine zunehmende Anzahl an Spielen auf mehr als vier Kerne und läuft auf einem Ryzen 5 oder Core i7 flotter als auf einem SMT-losen Core i5 und erst recht als auf einer Dualcore-CPU. Ein Beispiel für vorausschauende Multithread-Programmierung ist Crysis 3 aus dem Jahr 2013, aber auch The Witcher 3 von 2015 läuft auf vielkernigen Ryzen-CPUs flotter als auf Intel-Quads ohne SMT. Und so langsam kommt auch die Spielewelle ins Rollen, die jenseits von sechs Prozessorkernen skaliert. Battlefield 5 und Assassin's Creed Odyssey sind prominente Beispiele, mit ihren Multithreading-Fähigkeiten aber noch relativ allein. Das wird sich im Laufe der Jahre ändern.

Ein Prozessor ist somit eine langfristige Investition, sodass Sie im Zweifel eher zu mehr Kernen greifen sollten. Wer für die Zukunft gerüstet sein möchte – und vielleicht nebenher streamt –, befolgt unseren Rat und investiert in einen Sechskerner. Idealerweise unterstützt dieser SMT, wie der Core i7-8700(K) oder der Ryzen 5 2600(X). Zwackt das Budget, tut es derzeit auch noch ein Quadcore. Durch die niedrigere Kernzahl ist SMT hier etwas hilfreicher. Jedoch ist der preisliche Abstand zwischen Ryzen 5 1500(X) oder -2400G und dem sechskernigen Ryzen 5 2600 gering. Im Bereich um 100 Euro gibt es von AMD den Ryzen 3 2200G und von Intel den Core i3-9100F. Leistungstechnisch geben sich die beiden Konkurrenten nichts, es kommt hier also auf die Wahl Ihrer Plattform an. Anzumerken ist, dass beim Intel-Modell die Grafikeinheit deaktiviert ist. Beim AMD-Modell liegt zudem noch ein recht brauchbarer Boxed-Kühler bei. Prozessoren ab acht Kernen bringen speziell in Spielen wenig Extra-Leistung, allerdings kosten sie speziell im Falle von AMDs Ryzen 7 auch keine Unsummen mehr, Sie machen auch mit einem solchen Modell nichts falsch. Wenn Sie des Öfteren leistungshungrige Anwendungen wie Videoschnitt, -transcoding oder 3D-Rendering nutzen, lohnt sich der Griff zu einem Ryzen 7 2700(X) definitiv. Intels Pendant, der Core i9-9900K, kostet immer noch fast 500 Euro und fällt daher für die meisten Anwender aus dem Budget.

Spielt Geld keine Rolle, bietet AMD derzeit maximal 32 Kerne in Form des rund 890 Euro teuren Ryzen Threadripper 2990WX. Er findet auf TR4-Boards ab circa 280 Euro Platz. Bei Intel kosten 18 Kerne mit 36 Threads beim Core i9-9980XE bereits über 2.000 Euro. Dass die nötigen X299-Boards rund 100 Euro günstiger als die TR4-Modelle sind, fällt da schon fast nicht mehr auf. *(dh/cs)*

Bis 100 Euro

Vier Kerne für Sparfüchse

Wer sein Glück nicht auf dem Gebrauchtmarkt versuchen will, der muss mit einem Neuwaren-Budget bis 100 Euro Kompromisse eingehen. Spielen ist aber grundsätzlich kein Problem.

Nicht jeder Spielebegeisterte kann oder will hundert(e) Euro nur für den Prozessor seines PCs ausgeben. Die Zeiten, in denen „Low Budget" mit „Less Cores" gleichzusetzen war, sind jedoch endgültig vorbei, Vierkerner haben die Macht übernommen. Liegt das Budget bei rund 100 Euro, hat der SMT-lose Core i3-9100F (ca. € 110,-) die frühere Core-i5-Riege komplett überflüssig gemacht, sofern auch ein neues Mainboard samt Speicher auf dem Plan steht – wie seine größeren Coffee-Lake-Kollegen benötigt er ein Mainboard mit B360-, H370- oder Z370-Controller. Letzterer ist in Kombination mit einem günstigen Intel-Prozessor mit werkseitiger Overclockingsperre herausgeworfenes Geld, befriedigt aber die Gelüste passionierter Übertakter nebst entsprechender CPU.

AMD ist ebenfalls stark aufgestellt. Mit der modernen Ryzen-Architektur und der zugehörigen AM4-Plattform erfordert der R3-2200G (ca. € 80,-) nicht mehr die Kompromisse, wie sie noch die ebenfalls günstigen, aber stromdurstigen FX-Modelle oder Intels Pentiums mit sich bringen: Gute Pro-MHz-Leistung, sparsamer Betrieb und folglich leise Kühlung sowie freigeschalteter Multiplikator für lohnenswertes Übertakten lassen in Verbindung mit der integrierten Vega-Grafik kaum Wünsche offen – und optional kann eine dedizierte Grafikkarte verwendet werden, wenn bessere Qualität und/oder höhere Fps gewünscht sind.

Alternativen

- **AMD Athlon 240GE (2c/4t) ab ca. 60,- Euro**
- **Intel Core i3-9100F (4c/4t) ab ca. 100,- Euro**
- **Intel Pentium Gold G5600 (2c/4t) ab ca. 100,- Euro**
- **AMD Ryzen 5 1500X (4c/8t) ab ca. 110,- Euro**
- **AMD Ryzen 5 2400G (4c/8t) ab ca. 120,- Euro**

Bis 250 Euro

Vier- und Sechskerner

Die Frage, ob Sie einen Vier- oder Sechskern-Prozessor kaufen sollten, hängt von Ihren Nutzungsgewohnheiten ab, doch auf lange Sicht lautet die Antwort definitiv Hexacore.

Spieler greifen mindestens zu einem Sechskern-Prozessor. Zwar gibt es auch immer noch Vierkerner, wie Intels Core i3-8300 bzw. 9300, diese sind durch den massiven Preissturz von Sechskernern jedoch eigentlich nicht mehr von Bedeutung. Denn inzwischen erhalten Sie für wenig Geld zwei Kerne mehr und hier bieten sich direkt der Core i5-9400F oder der Ryzen 5 2600 an. Die Nase vorne hat hier jedoch der Ryzen 5 2600: Dank SMT steigt seine Threadanzahl auf stattliche zwölf. Für die AMD-Chips spricht weiterhin die freie Übertaktbarkeit, welche Intel bei Einsteigermodellen verhindert. Die Kraft der sechs Herzen erweist sich in modernen Spielen als das Optimum.

Greifen wir etwas tiefer in den Geldbeutel, hat AMD weiterhin den Vorzug: Für nur etwas mehr Geld erhalten Sie hier schon den Ryzen 5 2600X oder den Ryzen 7 2700. Letzterer besitzt sogar acht Kerne mit STM und gute Möglichkeiten zum Übertakten. Intel bietet in dieser Preisklasse noch den Core i5-9600K an. Der Sechskerner ohne SMT bietet gute Leistung in Spielen und Anwendungen und liegt in unserem Leistungsranking vor dem Ryzen 7 2700. Jedoch führt er nur mit wenigen Punkten und für zukünftige Spiele bietet ein Achtkerner genügend Reserven, um während des Spielens zu streamen. Insofern raten wir Ihnen dazu, in einen Core i5-9400F oder Ryzen 5 2600 zu investieren. Bei etwas größerem Geldbeutel raten wir dann zum Ryzen 7 2700.

Alternativen

- **AMD Ryzen 5 2600 (6c/12t) ab ca. 150,- Euro**
- **Intel Core i3-8300 (4c/4t) ab ca. 150,- Euro**
- **Intel Core i5-9400F (6c/6t) ab ca. 150,- Euro**
- **AMD Ryzen 5 2600X (6c/12t) ab ca. 180,- Euro**
- **AMD Ryzen 7 2700 (8c/16t) ab ca. 210,- Euro**
- **Intel Core i5-9600K (6c/6t) ab ca. 250 Euro**

Bis 400 Euro

Achtkerner zum Mitnahmepreis

Wer einen guten Achtkern-Prozessor haben möchte oder sogar benötigt, muss keine 1.000+ Euro anlegen: AMD bietet den Ryzen 7 2700X zum Kampfpreis von knapp 300 Euro an.

Wenn es einen Bereich gibt, den AMD mit Ryzen komplett umgekrempelt hat, dann den der Achtkerner. Diese waren zuvor von Intel nur zu Mondpreisen oberhalb von 1.000 Euro erhältlich und die teilweise als Achtkerner platzierten AMD-FX-CPUs waren eben keine vollständigen Octacores. Mit Ryzen 7 kam jedoch Bewegung in den Markt und die veröffentlichte Revision namens Ryzen 2000 verbesserte den ohnehin guten Unterbau an entscheidenden Stellen.

Der schnellste AMD-Achtkerner für den Sockel AM4 ist der Ryzen 7-2700X. Tatsächlich hat AMD im Gegensatz zu Ryzen 1000 keinen „2800X" veröffentlicht, worauf lange spekuliert wurde. Das ist halb so schlimm, denn der PCGH-Leistungsindex spricht eine klare Sprache: Wer seinen Prozessor für praktische Anwendungen abseits von Spielen verwendet, erhält bereits mit dem Ryzen 7-2700X eine sehr hohe Leistung. Was das Rendern von Videos, das Bearbeiten von Bildern oder das (Ent-)Packen von Archiven angeht, führt diese Leistung direkt zu gesparter Zeit – und Zeit ist bei Profis Geld. Intel hält selbstverständlich Alternativen mit acht Kernen bereit: Der Core i7-9700 (K) ist zwar etwas teurer als AMDs Achtkerner, liegt aber in unserem Ranking vorne. Intels ehemaliges Flaggschiff, der Core i7-8700K, ist trotz seiner sechs Kerne eine Überlegung wert.

Alternativen

- **Intel Core i7-8700 (6c/12t) ab ca. 300,- Euro**
- **Intel Core i7-8700K (6c/12t) ab ca. 370,- Euro**
- **Intel Core i7-9700 (8c/8t) ab ca. 380,- Euro**
- **AMD Ryzen TR 1920X (12c/24t) ab ca. 380,- Euro**
- **Intel Core i7-9700K (8c/8t) ab ca. 400,- Euro**

Für Gutbetuchte

32 Kerne für Power-User

Beim Besten vom Besten sinkt das Preis-Leistungs-Verhältnis rapide. Für Spiele ist diese Gewichtsklasse kein Thema, wohl aber beim Produktiveinsatz, etwa dem Videoschnitt oder 3D-Rendering.

Der Preisbereich über 400 Euro lohnt sich objektiv gesehen nur für die wenigsten Anwender – hier sind meistens eher der „Haben wollen"-Faktor, teilweise auch der Basteldrang, aber manchmal eben die Notwendigkeit für mehr als 64 GiByte RAM ausschlaggebend. Nichtsdestotrotz sind hier die schnellsten x86-Prozessoren zu finden. Einzelne Spiele wie Battlefield 5 und Assassin's Creed Odyssey profitieren bereits milde von mehr als acht Kernen und es besteht dank der modernen APIs Vulkan und Direct X 12 die Hoffnung, dass es künftig mehr werden. Bis es so weit ist, vergeht aber noch das eine oder andere Jahr.

Wer schon jetzt alles an Rechenleistung braucht, was er kriegen kann, der sollte sich nach einem Intel Core i9 oder AMD Threadripper umsehen. Beide fußen auf High-End-Technik, welche ihren Ursprung im Serverbereich hat. Sowohl der Sockel 2066 (Intel) als auch der Sockel TR4 (AMD) bieten einen vierfach ausgelegten Speicherkanal und können dementsprechend mit enormen Mengen an Arbeitsspeicher umgehen. Daneben punkten die „Fadenreißer"- und i9-Chips mit ihrer schieren Kernanzahl: Bis zu 32 AMD- respektive 18 Intel-Cores mit jeweils doppelter Threadmenge dank SMT warten darauf, Ihre Renderaufgaben rasant zu beenden. Wenn Geld für Sie keine Rolle spielt, raten wir Ihnen zu den aktuellen Topmodellen Core i9-9980XE und Ryzen TR 2990WX.

Alternativen

- **Intel Core i9-9900K (8c/16t) ab ca. 500,- Euro**
- **AMD Ryzen TR 1950X (16c/32t) ab ca. 610,- Euro**
- **AMD Ryzen TR 2920X (12c/24t) ab ca. 620,- Euro**
- **Intel Core i9-9900X (10c/20t) ab ca. 990,- Euro**
- **AMD Ryzen TR 2990WX (32c/64t) ab ca. 1.730,- Euro**
- **Intel Core i9-9980XE (18c/36t) ab ca. 2.045,- Euro**

PCGH-Leistungsindex Prozessoren

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

Preis-Leistungs-Verhältnis | Gesamtindex | Spieleindex | Anwendungsindex

Intel Core i9-9980XE	3,0+ GHz – 18c/36t – So. 2066	11,3 % – 2.045,- €	100 %	91 %	100,0 %	AC:O: 86	CRY3: 205	KC:D: 30	ROTR: 183	TW3: 150	7z: 211	HBR4K: 133	ALR: 74	CSKY: 25	FC5: 89	PREY: 182	CIV6: 12,1	WLF2: 265	CBR15: 3.727	HBRYT: 29	APP: 467
Intel Core i9-7980XE	2,6+ GHz – 18c/36t – So. 2066	10,8 % – 2.000,- €	92,6 %	82,3 %	95 %	AC:O: 82	CRY3: 175	KC:D: 25	ROTR: 157	TW3: 134	7z: 215	HBR4K: 141	ALR: 75	CSKY: 19	FC5: 85	PREY: 175	CIV6: 12,4	WLF2: 259	CBR15: 3.217	HBRYT: 32	APP: 475
Intel Core i9-9900K	3,6+ GHz – 8c/16t – So. 1151 v2	33,0 % – 500,- €	87,6 %	100,0 %	56,6 %	AC:O: 87	CRY3: 214	KC:D: 39	ROTR: 180	TW3: 168	7z: 370	HBR4K: 255	ALR: 139	CSKY: 35	FC5: 108	PREY: 165	CIV6: 11,8	WLF2: 315	CBR15: 1.894	HBRYT: 50	APP: 700
AMD Ryzen TR 2950X	3,5+ GHz – 16c/32t – So. TR4	22,9 % – 890,- €	85,4 %	76,3 %	87,1 %	AC:O: 91	CRY3: 153	KC:D: 25	ROTR: 126	TW3: 123	7z: 266	HBR4K: 180	ALR: 82	CSKY: 21	FC5: 71	PREY: 114	CIV6: 12,6	WLF2: 276	CBR15: 3.040	HBRYT: 30	APP: 468
Intel Core i7-8086K	4,0+ GHz – 6c/12t – So. 1151 v2	36,0 % – 510,- €	80,3 %	93,3 %	49,4 %	AC:O: 84	CRY3: 179	KC:D: 35	ROTR: 166	TW3: 150	7z: 368	HBR4K: 293	ALR: 151	CSKY: 33	FC5: 112	PREY: 150	CIV6: 12,4	WLF2: 302	CBR15: 1.411	HBRYT: 64	APP: 807
Intel Core i7-8700K	3,7+ GHz – 6c/12t – So. 1151 v2	38,3 % – 370,- €	79,5 %	92,6 %	48,7 %	AC:O: 84	CRY3: 178	KC:D: 34	ROTR: 165	TW3: 150	7z: 372	HBR4K: 293	ALR: 159	CSKY: 32	FC5: 112	PREY: 150	CIV6: 12,4	WLF2: 302	CBR15: 1.394	HBRYT: 64	APP: 809
AMD Ryzen TR 2920X	3,5+ GHz – 12c/24t – So. TR4	28,5 % – 620,- €	78,8 %	75,3 %	73,1 %	AC:O: 84	CRY3: 116	KC:D: 27	ROTR: 119	TW3: 118	7z: 312	HBR4K: 222	ALR: 98	CSKY: 26	FC5: 76	PREY: 128	CIV6: 12,8	WLF2: 259	CBR15: 2.568	HBRYT: 36	APP: 547
Intel Core i7-9700K	3,6+ GHz – 8c/8t – So. 1151 v2	34,8 % – 400,- €	77,9 %	93,2 %	43,8 %	AC:O: 81	CRY3: 169	KC:D: 36	ROTR: 167	TW3: 155	7z: 427	HBR4K: 351	ALR: 168	CSKY: 34	FC5: 105	PREY: 151	CIV6: 12	WLF2: 305	CBR15: 1.264	HBRYT: 69	APP: 880
AMD Ryzen TR 1950X	3,4+ GHz – 16c/32t – So. TR4	28,3 % – 610,- €	77,1 %	69,0 %	78,5 %	AC:O: 81	CRY3: 135	KC:D: 23	ROTR: 110	TW3: 104	7z: 356	HBR4K: 193	ALR: 93	CSKY: 19	FC5: 66	PREY: 105	CIV6: 13,1	WLF2: 256	CBR15: 2.966	HBRYT: 32	APP: 505
AMD Ryzen TR 2990WX	3,0+ GHz – 32c/64t – So. TR4	10,3 % – 1.730,- €	76,0 %	64,1 %	83,1 %	AC:O: 67	CRY3: 134	KC:D: 25	ROTR: 116	TW3: 84	7z: 352	HBR4K: 153	ALR: 138	CSKY: 21	FC5: 37	PREY: 103	CIV6: 12,9	WLF2: 231	CBR15: 5.162	HBRYT: 33	APP: 538
Intel Core i7-7820X	3,6+ GHz – 8c/16t – So. 2066	23,7 % – 650,- €	74,7 %	80,1 %	56,1 %	AC:O: 79	CRY3: 169	KC:D: 26	ROTR: 156	TW3: 130	7z: 353	HBR4K: 263	ALR: 145	CSKY: 22	FC5: 83	PREY: 141	CIV6: 12,6	WLF2: 264	CBR15: 1.750	HBRYT: 54	APP: 655
AMD Ryzen TR 1920X	3,5+ GHz – 12c/24t – So. TR4	44,2 % – 375,- €	74,0 %	70,4 %	68,8 %	AC:O: 79	CRY3: 141	KC:D: 23	ROTR: 110	TW3: 113	7z: 315	HBR4K: 244	ALR: 102	CSKY: 20	FC5: 67	PREY: 109	CIV6: 13,3	WLF2: 263	CBR15: 2.325	HBRYT: 40	APP: 567
AMD Ryzen TR 2970WX	3,0+ GHz – 24c/48t – So. TR4	13,9 % – 1.250,- €	73,2 %	62,6 %	78,8 %	AC:O: 59	CRY3: 127	KC:D: 26	ROTR: 111	TW3: 87	7z: 370	HBR4K: 161	ALR: 151	CSKY: 17	FC5: 42	PREY: 104	CIV6: 13,3	WLF2: 243	CBR15: 4.372	HBRYT: 33	APP: 524
AMD Ryzen 7 2700X	3,7+ GHz – 8c/16t – So. AM4	48,4 % – 290,- €	71,2 %	77,4 %	51,8 %	AC:O: 71	CRY3: 156	KC:D: 29	ROTR: 123	TW3: 118	7z: 414	HBR4K: 310	ALR: 154	CSKY: 26	FC5: 84	PREY: 124	CIV6: 13,2	WLF2: 277	CBR15: 1.793	HBRYT: 52	APP: 736
Intel Core i5-8600K	3,6+ GHz – 6c/6t – So. 1151 v2	47,9 % – 270,- €	69,9 %	84,9 %	37,6 %	AC:O: 68	CRY3: 149	KC:D: 32	ROTR: 146	TW3: 135	7z: 501	HBR4K: 388	ALR: 211	CSKY: 31	FC5: 104	PREY: 134	CIV6: 12,4	WLF2: 298	CBR15: 1.007	HBRYT: 81	APP: 967
Intel Core i5-9600K	3,7+ GHz – 6c/6t – So. 1151 v2	49,5 % – 250,- €	69,4 %	84,0 %	37,6 %	AC:O: 66	CRY3: 144	KC:D: 31	ROTR: 148	TW3: 131	7z: 495	HBR4K: 420	ALR: 202	CSKY: 34	FC5: 94	PREY: 132	CIV6: 12,3	WLF2: 300	CBR15: 1.052	HBRYT: 82	APP: 959
Intel Core i5-8600	3,1+ GHz – 6c/6t – So. 1151 v2	51,4 % – 250,- €	69,2 %	83,8 %	37,5 %	AC:O: 68	CRY3: 148	KC:D: 31	ROTR: 144	TW3: 133	7z: 505	HBR4K: 385	ALR: 209	CSKY: 32	FC5: 102	PREY: 131	CIV6: 12,6	WLF2: 293	CBR15: 1.006	HBRYT: 81	APP: 981
Intel Core i7-7700K	4,2+ GHz – 4c/8t – So. 1151	32,1 % – 360,- €	69,1 %	84,8 %	35,9 %	AC:O: 75	CRY3: 144	KC:D: 31	ROTR: 150	TW3: 138	7z: 479	HBR4K: 418	ALR: 208	CSKY: 29	FC5: 102	PREY: 132	CIV6: 12,6	WLF2: 301	CBR15: 961	HBRYT: 87	APP: 1.112
Intel Core i5-8500	3,0+ GHz – 6c/6t – So. 1151 v2	54,5 % – 215,- €	67,9 %	82,7 %	36,1 %	AC:O: 65	CRY3: 147	KC:D: 30	ROTR: 141	TW3: 131	7z: 508	HBR4K: 388	ALR: 227	CSKY: 32	FC5: 102	PREY: 130	CIV6: 12,7	WLF2: 292	CBR15: 962	HBRYT: 86	APP: 1.015
Intel Core i5-9400F	2,9+ GHz – 6c/6t – So. 1151 v2	78,7 % – 150,- €	66,6 %	79,3 %	38,3 %	AC:O: 65	CRY3: 142	KC:D: 25	ROTR: 134	TW3: 130	7z: 518	HBR4K: 383	ALR: 229	CSKY: 31	FC5: 98	PREY: 128	CIV6: 14,1	WLF2: 290	CBR15: 966	HBRYT: 62	APP: 1.012
AMD Ryzen 7 2700	3,2+ GHz – 8c/16t – So. AM4	47,7 % – 210,- €	65,4 %	72,6 %	45,3 %	AC:O: 63	CRY3: 139	KC:D: 25	ROTR: 116	TW3: 113	7z: 461	HBR4K: 364	ALR: 159	CSKY: 34	FC5: 67	PREY: 112	CIV6: 14,1	WLF2: 253	CBR15: 1.515	HBRYT: 61	APP: 879
AMD Ryzen 7 1800X	3,6+ GHz – 8c/16t – So. AM4	56,7 % – 215,- €	65,3 %	71,1 %	47,5 %	AC:O: 66	CRY3: 142	KC:D: 26	ROTR: 109	TW3: 108	7z: 454	HBR4K: 344	ALR: 164	CSKY: 24	FC5: 78	PREY: 112	CIV6: 13,9	WLF2: 264	CBR15: 1.624	HBRYT: 56	APP: 800
AMD Ryzen 5 2600X	3,6+ GHz – 6c/12t – So. AM4	66,1 % – 180,- €	64,2 %	73,3 %	41,4 %	AC:O: 64	CRY3: 141	KC:D: 27	ROTR: 119	TW3: 116	7z: 501	HBR4K: 389	ALR: 182	CSKY: 25	FC5: 82	PREY: 117	CIV6: 13,9	WLF2: 264	CBR15: 1.342	HBRYT: 69	APP: 903
AMD Ryzen 5 2600	3,4+ GHz – 6c/12t – So. AM4	77,7 % – 150,- €	59,5 %	67,9 %	38,5 %	AC:O: 60	CRY3: 132	KC:D: 25	ROTR: 115	TW3: 107	7z: 521	HBR4K: 433	ALR: 185	CSKY: 23	FC5: 64	PREY: 111	CIV6: 14,1	WLF2: 247	CBR15: 1.229	HBRYT: 76	APP: 1.001
AMD Ryzen 5 2400G	3,6+ GHz – 4c/8t – So. AM4	69,7 % – 120,- €	46,2 %	55,1 %	26,3 %	AC:O: 44	CRY3: 97	KC:D: 19	ROTR: 90	TW3: 86	7z: 710	HBR4K: 662	ALR: 321	CSKY: 18	FC5: 63	PREY: 97	CIV6: 16,5	WLF2: 205	CBR15: 816	HBRYT: 107	APP: 1.331
AMD Athlon 200GE	3,2 GHz – 2c/4t – So. AM4	100 % – 45,- €	28,2 %	35,8 %	12,9 %	AC:O: 31	CRY3: 49	KC:D: 12	ROTR: 47	TW3: 51	7z: 1.300	HBR4K: 1.522	ALR: 542	CSKY: 12	FC5: 44	PREY: 52	CIV6: 20,7	WLF2: 149	CBR15: 359	HBRYT: 234	APP: 2.964

Spiele (links): Durchschnitts-Fps in Assassin's Creed Origins, Cities Skylines, Crysis 3, Far Cry 5, Kingdom Come: Deliverance, Prey, Rise of the Tomb Raider, Sid Meier's Civ VI, The Witcher 3, Wolfenstein II.
Anwendungen (rechts): Zeit in Sekunden bei Leerlauf, 7-Zip v18.03, Cinebench R15 (Punktewert), Handbrake 1.10 HEVC4K, Handbrake 1.10 YT60p, Lightroom Classic 2018, Premiere Pro CC 2018.

Der Intel Core i7-6800K erschien 2016 und ist damit noch halbwegs aktuell. Dennoch raten wir Ihnen nicht mehr dazu: Sie bekommen inzwischen mehr CPU für weniger Geld.

Der AMD FX-9370 aus dem Jahre 2013 bot acht Module und viel Takt. Dennoch sollten Sie nicht mehr auf ihn oder seine veraltete Plattform zurückgreifen.

„Die Hardware harmoniert perfekt mit der Software“

- Computerbase.de

Die CORSAIR iCUE Software vernetzt kompatible Produkte über eine zentrale Schnittstelle, sodass Sie die komplette Kontrolle über alle Funktionen erhalten – von RGB-Beleuchtung und Lichteffekte über die Lüftergeschwindigkeit und Temperaturüberwachung. Zusätzlich verschafft Ihnen die CORSAIR iCUE Software ein noch fesselnderes Gaming-Erlebnis. In kompatiblen Spielen wie Metro Exodus, The Divison 2 oder Far Cry 5 verschmilzt die RGB-Beleuchtung von externer Peripherie und internen Komponenten zu einer atemberaubenden Einheit, die sich dynamisch dem Spielgeschehen anpasst.

MEHR ERFAHREN: CORSAIR.DE

Die Mutter aller Bretter

Im Gegensatz zu CPU und GPU hat das Mainboard, auch Motherboard genannt, kaum Einfluss auf die Leistung eines PCs. Aber es definiert über die (Anschluss-)Ausstattung seine Einsatzmöglichkeiten.

Gamer betrachten den PC oft als flottere (Luxus-)Alternative zu Konsolen, aber übermäßige Leistung war nie seine definierende Eigenschaft – und lange Zeit nicht einmal eine typische. Grundlage der Erfolgsgeschichte sind vielmehr Kompatiblität und Flexibilität. Es gibt nicht „den PC"; dank genormter Schnittstellen kann jeder „seinen" Rechner gemäß der eigenen Bedürfnissen zusammenstellen. Nimmt man keine Rücksicht auf Platz- sowie Stromverbrauch und vor allem die Brieftasche, entsteht eine unschlagbare Spielemaschine – aber ein PC kann auch sehr kompakt oder günstig ausfallen oder als anschlussreiche Multimedia-Schaltzentrale mit geringer Rechenleistung dienen.

Das Mainboard

Im Zentrum dieser Flexibilität steht die Hauptplatine. Sie muss alle internen sowie einen Großteil der externen Komponenten verbinden – und zwar nicht einfach mechanisch oder elektrisch, wie Gehäuse und Netzteil, sondern funktional. Eine Grafikkarte ohne PCI-E-Slot? Wertlos. RAM-Module ohne Arbeitsspeichersteckplätze? Nicht einmal als Lesezeichen geeignet, da zu dick. CPUs? Die brauchen nicht nur einen Sockel und ein paar Leiterbahnen beispielsweise zur GPU, sondern verlangen gleich noch nach einer fein ausgeregelten Stromversorgung. Auch Maus und Tastatur liegen ohne passende Anschlüsse nutzlos in der Ecke herum.

Zugegebenermaßen hat heute jeder Fernseher USB, aber die Flexibität eines PC-Mainboards ist mehr als eine Momentaufnahme. Oder können Sie Ihrem Tablet eine neue Grafikkarte für kommende Spiele verpassen? Zwei zusätzliche Festplatten in die Konsole einbauen, um wichtige Daten redundant zu sichern? Bei einem Smart-Speaker eine hochwertige Sound- und Video-Capture-Lösung nachrüsten? Ganz zu schweigen von Schnittstellen, die es auf heutiger Hardware noch gar nicht gibt, wie USB 3.2. Am PC ist Aufrüsten leicht möglich, zum Teil nicht einmal nötig – wenn man das richtige Mainboard wählt.

Aufgabenteilung

Grundsätzlich zeichnen vier Aspekte ein Mainboard aus: Die Erweiterungs-/Verbindungsmöglichkeiten, die mitgelieferten bzw. onboard-Fähigkeiten, die Geschwindigkeit all dieser Teile und die Qualität der CPU-Infrastruktur. Letztere ist ein Sonderfall, denn wie bereits beschrieben ist das Mainboard

für den Hauptprozessor nicht nur ein Kommunikationshilfsmittel, sondern es stellt die gesamte Arbeitsumgebung bereit. Für den Normalbetrieb ist diese seitens der CPU-Hersteller gut spezifiziert, nur vereinzelt fallen billige Mainboards wegen mangelhafter Kühlung als Unterbau für nominell kompatible High-End-CPUs aus. Wer sich aber als Übertakter über die CPU-Spezifikationen hinwegsetzt, der sollte auch auf der Platine mehr als Mindestmaß bereithalten.

Ebenfalls durch Spezifikationen abgegolten ist die Geschwindigkeitsfrage: Seitdem sowohl der RAM- als auch der PCI-Express-Root-Controller im Hauptprozessor sitzt, hat das Mainboard kaum noch Einfluss auf die Systemgeschwindigkeit. Auto-Einstellungen für RAM und systeminterne Latenzen können 2-3 Prozent Unterschied machen, aber im Großen und Ganzen ist die Performance von Mainboards einer Plattform vergleichbar. Für die Schnittstellen auf den Mainboards gilt dies zwar nicht – USB 3.1 Gen2 ist definitiv schneller als USB 2.0. Aber dieser Unterschied ist eben bereits von den USB-Spezifikationen gedeckt. Man fragt also nicht „wie schnell ist die USB-Verbindung des Mainboards?“, sondern „wieviele USB-Ports gemäß 3.1-Gen2-Standard hat es?“ Letzteres ist eine Ausstattungsfrage, keine nach der Geschwindigkeit. Diese unterscheidet sich zwar gerade bei USB auch innerhalb der Standards von Implementation zu Implementation, in der Praxis ist aber kaum ein Endgerät schnell genug, um die kleinen Unterschiede zuverlässig erfassen zu können.

Für den Mainboard-Kauf verbleiben neben der Übertaktungs-Tauglichkeit (falls gewünscht) also nur zwei Aspekte: Welche Funktionen sind bereits onboard verbaut? Und welche Komponenten/Erweiterungen kann die Platine verbinden?

Plattformen

Die wichtigste Verbindung ist der CPU-Sockel. Er bestimmt, welche Prozessoren ein Mainboard aufnimmt. Für Heimanwender von Bedeutung sind eigentlich nur noch AMDs Sockel AM4 und Intels Sockel 1151. Zwar gibt es darüber noch die Luxus-Plattformen TR4 und 2066, beide bringen aber nur mehr vom Gleichen. Vor allem mehr CPU-Kerne – dabei können die meisten Spiele nicht einmal die acht Stück aktueller Oberklasse-Prozessoren ausreizen, geschweige denn die maximal zwölf der nächsten AM4-Generation. Auch viele Endanwenderprogramme tun sich damit schwer und bräuchten eher gleich viele, schnellere Kerne – damit können TR4 und 2066 aber nicht aufwarten, im Gegenteil (siehe CPU-Kaufberatung). Vereinzelt sind die Luxus-Plattformen dennoch interessant, denn sie bieten auch mehr Arbeitsspeicher-Kanäle und mehr PCI-Express-Lanes. Spieler und die meisten Normalanwender benötigen diese nicht, wer sehr viel RAM oder reichlich PCI-Express-SSDs beispielsweise für professionelle Datenbanken einsetzt, sei an dieser Stelle auf die Alternativen hingewiesen.

Auch zwischen Sockel AM4 und 1151 gibt es Unterschiede hinsichtlich der Erweiterbarkeit, die aber wenig mit den Sockeln an sich zu tun haben. AMD und Intel ergänzen ihre CPUs um I/O-Hubs, also Begleiter-Chips auf den Mainboards (früher waren es ganze „Chipsätze“, diese Bezeichnung ist aber nicht mehr zutreffend). Diese stellen zahlreiche Schnittstellen zur Verfügung – oder eben nicht. Da I/O-Hub, Sockel und Prozessor nur als Plattform gebündelt angeboten werden, müssen die später benötigten Anschlüsse also bereits bei der CPU-Wahl bedacht werden.

Individuelle Planung

Klar zu trennen ist zwischen „benötigen“, „vielleicht benötigen“ und „nicht gebrauchen können“. In den Anfangstagen waren Mainboards wenig mehr als Leiterbahnenplatten zwischen Komponenten, beinahe alle Fähigkeiten wurden durch Zusatzmodule realisiert. Das ist auch heute noch möglich (quasi alle Schnittstellen gibt es als Controller-Karte zum nachrüsten), aber es ist teuer. So wurden häufig benötigte Controller-Chips nach und nach auf die Hauptplatine verlagert oder gänzlich in den I/O-Hub integriert. Heute brauchen viele PCs neben Grafikkarte, CPU, RAM und einem Massenspeicher nur noch das Mainboard selbst, weil es beinahe alle anderen benötigten Funktionen auch onboard gibt.

Diese Vielfalt ist aber nicht umsonst; ein mit beinahe allem ausgestattetes Luxus-Mainboard kann deutlich über 600 Euro kosten. Benötigt man die ganzen onboard-Zusatz-Features, rechnet sich das High-End-Produkt trotzdem: Eine Nachrüstung mit Steckkarten wäre nicht nur noch teurer, sondern aus Platz- und Angebotsgründen zum Teil unmöglich. Benutzt man am Ende aber doch nur die Standard-Kernfunktionen, hat man viel Geld für die Funktionalität eines 150-Euro-Produktes ausgegeben. Der Funktionsumfang eines Mainboards ist also immer ein Kompromiss aus Herstellungskosten und dem Bedarf der meisten Anwender. Ein bisschen zu viel Funktionalität ist bezahlbar und erweitert den Kundenkreis eines Mainboard-Modells deutlich, umgekehrt kann man einen fehlenden, einzelnen Sonderwunsch leicht nachrüsten. Mit einem viel zu schlecht ausgestatteten Mainboard tut man sich dagegen keinen Gefallen – und wer nicht benötigten Luxus kauft, der verschenkt einfach nur sein Geld.

Ein wichtiger Faktor ist dabei der zukünftige Bedarf. Oberklasse-Prozessoren erreichen problemlos eine Nutzungsdauer im Hauptsystem von fünf Jahren und wenn die Software-Industrie weiterhin nur langsam auf den massiven Anstieg der Kernzahlen in den letzten zwei Jahren reagiert, könnte die aktuelle CPU-Generation bei einigen Anwendern sogar ein ganzes Jahrzehnt im Einsatz sein. In dieser Zeit ändern sich Nutzungsgewohnheiten zum Teil deutlich und neue Peripherie oder Schnittstellen werden zum Standard. Mit einem späteren Mainboard-Austausch kann man darauf nur selten reagieren – Intel pflegt einen Plattform-Wechsel alle zwei Jahre und auch AMD streicht in der dritten AM4-Generation den Support für zwei Jahre alte CPUs aus der ersten. Damit trocknet nicht nur der Nachschub an neuen Mainboards für alte, aber noch fitte CPUs aus; selbst deren zeitgenössische Spitzen-Modelle sind im Nachhinein manchmal nur noch schwer und gegen hohe Summe gebraucht zu finden. Man kauft also lieber einmal richtig als später nachzubessern. Nur was ist für einen selbst „richtig“?

Überblick: Schnittstellen

Auf Seiten eines Mainboards dreht sich letztlich alles um die verbauten Steckkontakte. Als Käufer muss man sich also überlegen, welche man jetzt in welcher Anzahl braucht, was in Zukunft wahrscheinlich dazu kommen könnte und worauf man mit Sicherheit verzichten möchte. Eine Auswahl:

USB 2.0: Weiterhin weit verbreitet. Die zweite USB-Generation wurde schon zur Jahrtausendwende als Geschwindigkeits-Upgrade von USB 1.1 spezifiziert und ist genau deswegen mit diverser Peripherie der letzten zweieinhalb Jahrzehnte kompatibel. Da die Geschwindigkeitsanforderungen von Mäusen, Tastaturen oder USB-Sound-Lösungen seitdem auch nicht gewachsen sind, ist USB 2.0 günstig, vielseitig und für über 90 Prozent aller USB-Geräte schnell genug. Zusätzlich erleben interne USB-2.0-Header gerade ein Revival für RGB-LED- und Kühlungssteuerungen.

USB 3.0: Der Standard. Wegen zusätzlicher Datenleistungen ist USB 3.0 deutlich aufwendiger als der Vorgänger und nutzt intern ein mechanisch anderes Steckerformat. Dafür sind theoretische 5 GBit/s eine Beschleunigung um mehr als den Faktor 10 und bis heute die angemessen Lösung für die meisten externen Festplatten. Auch VR-Headsets und gute USB-Sticks sind typischerweise 3.0-Geräte – übrigens nicht immer im klassischen USB-Typ-A-Format. Auch der neue, kleinere USB-Typ-C-Stecker wird für 3.0-Anschlüsse genutzt (auf Peripherie-Seite sogar für 2.0).

USB 3.1: Die Zukunft. Seit Jahren. Die aktuelle USB-Generation legt mit 10 GBit/s noch einmal eine Schippe drauf und überbietet sogar die Geschwindigkeit von internem SATA. Externe SSDs oder gar USB-Sticks, die davon profitieren können, sind aber weiterhin selten und teuer. Trotzdem gehören mehrere USB-3.1-Ports zur Standardausstattung eines guten Mainboards, denn 1-2 passende Geräte dürften diese im Laufe ihres Lebens zu Gesicht bekommen. Da es auch 3.1 als Typ-A, als Typ-C und als internen Spezial-Header für Typ-C-Front-Anschlüsse gibt, sollten Mainboard-Hersteller somit zahlreiche Anschlüsse verbauen, um alle Möglichkeiten abzudecken. Dies erfordert aber teilweise Zusatz-Chips, die auf günstigen Mainboards fehlen – hier muss jeder selbst Prioritäten setzen. Trotz der eingeschränkten Verbreitung steht die nächste Geschwindigkeitsverdopplung mit USB 3.2 übrigens schon in den Startlöchern. Vorsicht aber bei der Namensgebung: Die alten Geschwindigkeitsniveaus wurden in neue Standards übertragen. USB-3.0-Geschwindigkeit darf auch als „USB 3.1 Gen1“ und bald als „USB 3.2 Gen2“ ver-

Mainboards für AMD Sockel AM4 (alle AM4-I/O-Hubs außer

Gigabyte X470 Gaming 7 WIFI

Abseits der sehr teuren, noch kaum verfügbaren X570-Modelle bietet die AM4-Plattform nicht genug Ressourcen für echten Luxus – aber High-End-Qualität ist immer willkommen.

Gigabytes X470-Topmodell weist beinahe die gleichen Anschlüsse wie Oberklasse-Pendants auf. Es gibt einen primären 32-GBit/s-M.2, der sekundäre wird aber nur mit 16 GBit/s (PCI-Express 2.0 ×4) angebunden und teilt seine Lanes obendrein mit dem ×4-Slot. Um Front- und Heck-USB-3.1 sowie Onboard-WLAN zu ermöglichen, sinkt die Zahl der (hier löblicherweise sharing-freien) ×1-Slots und der SATA-Ports auf zwei respektive sechs. Mehr ist mit dem X470 schlichtweg nicht möglich, dafür kostet das 2018er AM4-Flaggschiff aber auch nur 250 und nicht über 500 Euro, wie das Intel-Sockel-1151-Gegenstück.

Komplett in der Hand der Mainboard-Hersteller liegende Features wie Sound, Diagnose und Kühlung setzt Gigabyte dagegen 1:1 auf High-End-Niveau um. Ein separater Operationsverstärker und ein externer Sabre-DAC gleichen die analogen Schwachstellen des aktuellen Realtek-ALC-1220-Audio-Codecs aus, externe Temperaturfühler erlauben die Messung beliebiger Temperaturen im PC-Inneren und die sehr gute Onboard-Lüftersteuerung bietet vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz der so gewonnenen Informationen. Gigabytes Highlight ist aber der klassische Spannungswandlerkühler mit feinen Lamellen, der die Stromversorgung der CPU bis zu 20 Kelvin unter dem Niveau einiger günstiger X470-Vertreter hält.

Asus Prime X470-Pro

Mit großem technischen Aufwand gelingt Asus in der Praxis, was ein Jahr lang nur in AMDs theoretischen Versprechen möglich war: PCI-E 3.0 über den X470 für 16-GBit/s-×2-NVME-SSDs.

Von den AM4-I/O-Hubs wurde eigentlich PCI-Express-3.0-Unterstützung erwartet, tatsächlich liefen aber nur die SATA-Express-Ports mit 3.0-Geschwindigkeit. Diese arbeiten zwar ähnlich, sind aber mangels SATA-E-Endgeräten komplett nutzlos und die normalen X470-PCI-E-Lanes schleichen gemäß 2.0-Standard vor sich hin. Asus verschmilzt die beiden auf dem X470 zu einem Frankenstein, der wider Erwarten problemlos funktioniert: Das Taktsignal zweier (×1-)Slots und die Datenleitungen eines SATA-E-Ports ergeben einen zweiten, über den I/O-Hub versorgten M.2-Slot mit zwei 3.0-Lanes.

Das reicht für 16 GBit/s Budget-SSDs, zusätzlich zum pimären, von der CPU versorgten 3.0-×4-Steckplatz und ist ein echtes Alleinstellungsmerkmal am AM4-Markt. Ein drittes 16-GBit/s-Endgerät mit vier 2.0-Lanes kann in einem ×4-Slot Platz nehmen und zusätzlich gibt es noch einen ×1-Slot für langsamere Peripherie. (×1 #2 und #3 sind dagegen sharing-bedingt kaum nutzbar.) Ebenfalls gut, im Rahmen der X470-Oberklasse aber nicht außergewöhnlich, ist die USB-Erweiterbarkeit mit insgesamt acht USB 3.0 sowie USB 3.1 vorne und hinten. Obwohl sich die Prime-Baureihe nicht explizit an Tweaker richtet, bietet das X470-Pro außerdem ein voll ausgestattetes UEFI, einen Anschluss für einen externen Temperaturfühler und eine Spannungswandler-Kühlung auf Augenhöhe der anderen hier empfohlenen Platinen.

dem A300 und A320 sind für Übertaktung freigegeben)

MSI B450 Gaming Pro Carbon AC

Das bislang beste von uns getestete B450-Mainboard gerät durch Preissenkungen bei Asus X470-Pro unter Druck, bietet aber immer noch knapp das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis.

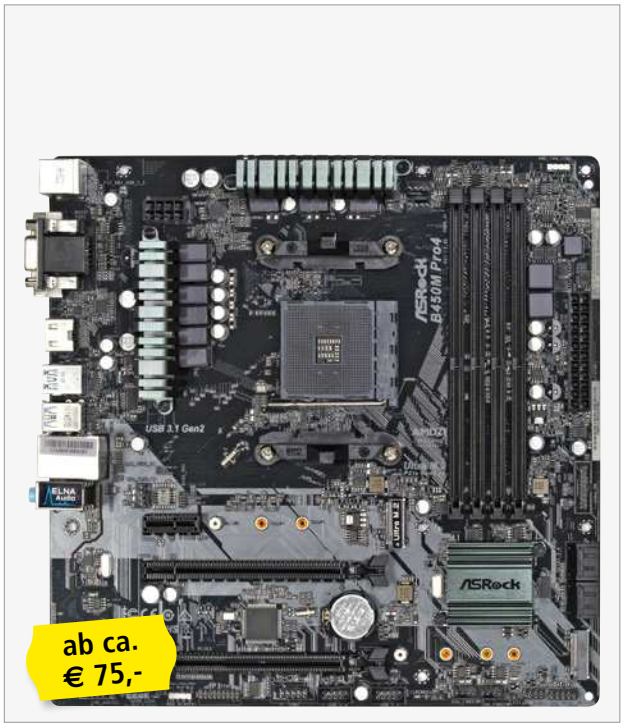
MSIs Implementierung eines sekundären M.2 stößt auf die Grenzen des B450 – genau wie bei Gigabytes X470 Gaming 7 klaut sich diese 2.0-×4-Lösung (16 GBit/s) alle Lanes vom ×4-Slot, auf der B450-Platine existieren aber keine zusätzlichen, unabhängigen ×1-Steckplätze. Stattdessen sind auch diese mit dem ×4-Slot verkoppelt, sodass sich gleich drei Nutzungsmöglichkeiten um Lanes streiten. Auch, dass zwei von vier 2.0-Steckplätzen vom Kühler großer Grafikkarten blockiert wären, während MSI die oberste und unterste Slotposition ungenutzt lässt, schränkt die Erweiterbarkeit ein und nur vier der SATA-Anschlüsse arbeiten unabhängig vom primären M.2.

Mit dem namensgebenden AC-Onboard-WLAN und einem für die B450-Klasse sehr guten, noch über Asus' Prime X470-Pro anzusiedelnden Onboard-Sound hat das B450 Gaming Pro Carbon AC aber auch kaum Erweiterungen nötig. Grafikkarte, eine 32-GBit/s-NVME-SSD sowie bis zu vier SATA-Laufwerke arbeiten ohne Probleme und ohne die 2.0-Ressourcen zu belasten – das sollte den meisten Anwendern reichen. Weit mehr als ausreichend, nämlich geradezu ausladend ist der Spannungswandler-Kühlkörper. Obwohl die CPU-Stromversorgung ein beliebter Ansatzpunkt für Einsparmaßnahmen ist, kennt das B450 Gaming Pro Carbon AC deswegen auch bei Übertaktung keine Temperaturprobleme.

Asrock B450M Pro4

AMDs Ryzen-CPUs glänzen vor allem mit ihrem konkurrenzlosen Preis-Leistungs-Verhältnis. Asrock bietet das passende Mainboard-Gegenstück an.

83 °C maßen wir an den Spannungswandlern von Asrocks 75-Euro-Micro-ATX-Platine unter Volllast mit einer dicken Achtkern-CPU. Das ist noch nicht kritisch (und besser als bei einigen teureren B450-Modellen), Übertakter sollten aber auf eine gute Lüftung achten – oder sich auf die sechskernigen Preiskracher beschränken. Zu selbigen passt das B450M Pro4 ohnehin beinahe perfekt. Für unter 80 Euro bekommt man neben den für Ryzen-Achtkerner ausreichenden, bei Sechskernern auch problemlos OC-tauglichen Spannungswandlern eine durchaus ansehnliche Ausstattung. Acht rückseitige USB-Ports inklusive dem beim B350-Vorgänger noch schmerzlich vermissten USB 3.1 mit 10 GBit/s, fünf Lüfter-Anschlüsse und zahlreiche, sharing-freie Erweiterungsmöglichkeiten sind definitiv nicht mehr Billig-Klasse-Niveau. Das durchdachte Layout nimmt hierbei im Maximalausbau neben einer ×1-2.0-, einer ×4-2.0- und einer ×16-3.0-(Dual-Slot-Grafik-)Karte (Triple-Slot blockiert den 2.0-×4-Steckplatz) noch eine 32-GBit/s-M.2-SSD und ein SATA-M.2-Modul auf und akzeptiert drei weitere via Kabel angebundene SATA-Geräte (alternativ derer vier bei Verzicht auf den sekundären M.2-SATA-Slot). Das alles gleichzeitig, ohne Sharing oder Leistungseinbußen. Nicht frei von Abstrichen ist dagegen der Onboard-Sound – wir können nur empfehlen, einen Teil des gesparten Geldes in eine Soundkarte respektive USB-Lösung zu investieren.



Mainboards für Intel Sockel 1151 (für OC freigegeben)

Asus Maximus XI Hero WiFi

Intels Core i9-9900K ist der beste Prozessor für Spieler – aber alles andere als billig. Entsprechend spekulieren die Mainboard-Hersteller auf zahlungskräftige High-End-Klientel.

Das bislang beste von uns getestete Sockel-1151-Board gibt sich reichlich unspektakulär. Nicht nur beim Design bleibt Asus High-End-Platine eher schlicht – auch die Ausstattung lässt ganz große Highlights vermissen. Die 4+1 (extern/intern) USB-3.1-Ports? Der Z390 stellt doch sowieso 6 bereit. Zwei sharingfreie 32-GBit/s-M.2-Ports? Mit dieser Plattform kein Problem, insbesondere wenn man wie Asus den 3.0-×4-Slot die Hälfte seiner Ressourcen mit zwei SATA-Ports sharen lässt. Auch Onboard-WLAN und hochwertiger Onboard-Sound sind ab einer bestimmten Preisklasse quasi selbstverständlich und Onboard-Anschlüsse für Temperatur- und Wasserkühlungsdurchflusssensoren sowie eine Diagnose-Anzeige zwar weiterhin nett, ebenso wie die sehr umfangreichen Übertaktungsoptionen im UEFI, aber bei allen Mitgliedern von Asus' Republic-of-Gamers-Familie Standard sowie mittlerweile auch bei der Konkurrenz zu finden. Gut, die Spannungswandlertemperaturen des Maximus XI fallen dafür überdurchschnittlich aus, trotz der eher einfachen Kühlkörper, aber davon merkt der Anwender wenig – das durchschnittliche Niveau ist in diesem Marktbereich einfach schon zu gut.

Warum also steht die Platine ganz oben in unserer Bestenliste? Weil sie mit den gemachten Angaben tatsächlich vollständig beschrieben ist. Abgesehen vielleicht von der seit Jahren nicht mehr weiterentwickelten Asus-Lüftersteuerung haben wir keine einzige Schwäche gefunden. Genug USB-Anschlüsse aller Arten, zwei Grafikausgänge, aufgeräumtes Layout und sinnvolle Slot-Positionierung – Asus verbaut zwar kaum Zusatz-Ausstattung, nutzt aber alle integrierten Funktionen bestmöglich aus. Selbst der auf vielen anderen High-End-Platinen fehlende PS/2-Port wird noch nach außen geführt. Rechtfertigt das alles den saftigen Preis? Nicht wirklich, aber das Beste war schon immer überteuert.

MSI Z390 Edge AC

Das Luxus nicht teuer sein muss, beweißt MSI und verkauft eine durchaus gute, die Bedürfnisse quasi aller Nutzer erfüllende Ausstattung zum fairen Preis.

Verglichen mit AMD-Mainboards ist keine Z390-Platine wirklich billig – Intels Top-PCH bietet eine deutlich bessere native Ausstattung als AMDs Topmodell X470 und das merkt man auch beim Preis. Viel Ausstattung für eine angemessene Summe kann aber immer noch günstig sein und diese Beschreibung trifft auf MSIs Z390 Edge AC sicherlich zu. 180 Euro kratzen zwar an der Grenze zur Oberklasse, die Ausstattung ist aber längst in dieser angekommen. Zweimal 32-GBit/s-M.2 (einer shared mit zwei von sechs SATA-Ports), die klassische ×16/×0-oder-×8/×8-Slot-Kombination für Grafikkarten und ein 3.0-×4 mit eigenen Ressourcen, Onboard-WLAN und USB 3.1 nicht nur hinten, sondern auch vorn – alle typischen Features eines Z390-Mainboards werden geboten.

Zugegeben: Am I/O-Panel gibt es nur sechs USB-Ports insgesamt und von diesen erreichen nur zwei der Ports 3.1-Geschwindigkeit, dabei hätte der Z390 viermal 10 GBit/s und vier weitere USB 2.0 versorgen können. Auch das Slot-Layout mit einem dauerhaft blockierten ×1 verschwendet Ressourcen – aber die, die zugänglich sind, muss man überhaupt erstmal ausreizen. Mehr als ausreichend und ein echtes Highlight in dieser Preisklasse ist dagegen der riesige Spannungswandlerkühler. Wir messen maximal 55 °C mit einem spezifikationsgemäß bei 95 W betriebenen i7-8700K. Das ist nicht ganz so gut wie bei den High-End-Platinen von Asus und Gigabyte, lässt aber sehr große Reserven für Übertakter und schlägt manches High-End-Mainboard. Apropos 95 W: Wie bei vielen anderen Mainboards auch erlaubt MSIs Werkseinstellung unserer i7-8700K-Test-CPU eine maximale Leistungsaufnahme von 145 W an Stelle der spezifizierten 95 W TDP. Wer am Kühler gespart hat, sollte gegebenenfalls das Long Duration Power Limit im UEFI manuell einstellen.

kauft werden. 10 GBit/s tragen den Zusatz „Gen2“ und das kommende 20-GBit/s-Level soll „logischerweise“ „USB 3.2 Gen2x2“ heißen.

PCI, PS/2, COM, LPT: Legacy-Formate. Ohne Bedeutung für die Zukunft sind Schnittstellen aus den 90ern. Wer diese noch benötigt, ist meist mit Adaptern auf USB besser gestellt als mit der Suche nach einem Exoten-Board. Nativ verbaut werden die alten Anschlüsse fast nur noch im Billigst-Segment.

SATA 6 GBit/s: Aussterbender Dino. Die dritte SATA-Generation nimmt intern die gleiche Position ein, wie USB 3.0 extern: Passende Hardware ist weit verbreitet und günstig, aber alle neuen High-End-Produkte nutzen neuere Standards. SATA verliert aber deutlich schneller an Bedeutung, da flotte interne Datenspeicher populärer als extra schnelle USB-Sticks sind, klassische 2,5-Zoll-SATA-SSD sowieso nicht in ultraflache Notebooks passen und 3,5-Zoll-Festplatten sowie optische Laufwerke ihrerseits aussterben. Als Übergangsform gibt es noch SATA-M.2-Einsteiger-SSDs, die den 2,5-Zoll-Geschwistern nur das kompaktere Format voraus haben.

M.2: Vielseitig, aber verwirrend. „M.2“ beschreibt eigentlich nur eine Gruppe mechanisch ähnlicher Steckplätze. So gibt es zum Beispiel „e-Key“-M.2-Steckplätze und Module für respektive mit WLAN und die bereits beschriebenen SATA-SSDs, die sowohl in (sehr seltene) b-Key-Slots als auch in solche mit m-Codierung passen. Wenn von „M.2-SSDs“ die Rede ist, sind aber fast immer High-End-NVME-Laufwerke mit aktuell bis zu 32 GBit/s gemeint. Deren m-Key-M.2-Steckplatz ist eigentlich nur eine andere Bauform für einen PCI-Express-×4-Slot, der im aktuellen 3.0-Standard den genannten Datendurchsatz ermöglicht. Günstigere NVME-Lösungen nutzen nur eine ×2-Anbindung mit halber Geschwindigkeit, auf AM4-Mainboards finden sich umgekehrt alte 2.0-×4-Steckplätze, die ebenfalls nur 16 GBit/s ermöglichen – in Kombination mit einer ×2-SSD als kleinstem gemeinsamen Nenner sogar nur 8 GBit/s, was netto kaum schneller als SATA ist. Die nächste Ausbaustufe mit PCI-Express 4.0 und bis zu 64 GBit/s auf Seiten des Slots steht kurz vor der Markteinführung – so schnell sind aber selbst die teuersten SSDs noch nicht. Im Server-Bereich existiert übrigens der abgeleitete U.2-Standard, der M.2-Geschwindigkeit für passende kabelgebundene 2,5-Zoll-Laufwerke ermöglicht. Außerdem werden High-End-SSDs immer wieder auch als PCI-Steckkarte mit gleichen Fähigkeiten angeboten.

PCI-Express: Die Basis für fast alles. Schon mehrfach erwähnt ist PCI-Express *die* Schnittstelle in aktuellen PCs: Grafikkarten? PCI-E. M.2? PCI-E. Sound- und quasi alle anderen Karten? PCI-E. Onboard-Controller für LAN, für mehr USB, WLAN Chips? PCI-E, PCI-E, PCI-E. Aufgebaut wird jede PCI-E-Verbindungen aus einzelnen Lanes, die den Datenaustausch in zwei Richtungen zwischen den Endpunkten ermöglichen. Einfache Controller arbeiten mit einer Lane, flote Grafikkarten bevorzugen einen ×16-Steckplatz. Aber Vorsicht: PCI-Express ist flexibel. Ein Steckplatz kann auch nur mechanisch im ×16-Format daherkommen, um große Karten prinzipiell aufnehmen zu können, während er elektrisch nur ×8, ×4, ×2 oder gar ×1 bietet. Damit arbeitet eine Grafikkarte zwar auch, aber nicht unbedingt schnell. Als Faustregel kann man sagen: Wenn ein AM4- oder Sockel-1151-Mainboard mehr als einen ×16-Slot verspricht, wird nicht die elektrische Anbindung angegeben. 32 Lanes findet man nativ nur bei TR4 und Sockel 2066.

Verkompliziert wird die Angelegenheit durch Lane-Sharing: Eine PCI-Express-Lane führt fix zu einem Endgerät. Aber entsprechend aufgebaute Mainboards können beim Einschalten des Systems zwischen zwei alternativen Endpunkten wählen. Ein Klassiker ist zum Beispiel die Unterstützung von zwei Grafikkarten mit jeweils acht Lanes (×8/×8) an Stelle einer GPU mit ×16. Wer nachrechnet erkennt schnell: Bei so einer Konfiguration hat der für die zweite Grafikkarte vorgesehene Slot exakt 0 Lanes, solange im ersten Steckplatz volle 16 gewünscht sind. Man kann also nicht einmal eine einfache ×1-Soundkarte einbauen, ohne die Datentransferrate der Grafikkarte zu kanabilisieren. Derartiges Lane-Sharing gibt es auch zwischen ×4- und ×1-Slots und mit weiteren Onboard-Komponenten. Weit verbreitet sind Überschneidungen mit M.2-Steckplätzen, die ja nur ein ×4-Slot in anderer Bauform sind, oder mit SATA-Anschlüssen, die bei vielen I/O-Hubs über die gleichen Ports wie PCI-E laufen. Gerade Oberklasse-Mainboards bieten quasi immer mehr Schnittstellen an als mit den Ressourcen der Plattform gleichzeitig betrieben werden können. So darf der Nutzer flexibel auf eine andere Funktion wechseln – aber der Käufer sollte ausführlich Tests oder Handbücher studieren, damit sich am Ende nicht ausgerechnet die Funktionen gegenseitig ausschließen oder -bremsen, die unbedingt beide benötigt werden.

Ein zweiter Faktor neben der Anzahl der Lanes in einem PCI-Express-Link ist deren Geschwindigkeit. PCI-Express 2.0 gilt als veraltet – natürlich kann man damit weiterhin Soundkarten anschließen oder ältere Schnittstellen mittels Controller-Karte nachrüsten. Alle moderne High-End-Peripherie, alle aktuellen NVME-SSDs und vor allen Dingen alles, was an neuen Schnittstellen in Zukunft erscheint, setzt aber mindestens auf 3.0. Kurz nach Redaktionsschluss dieses Sonderheftes soll bereits PCI-Express 4.0 in den Handel gelangen – erfahrungsgemäß mit anfangs eher geringem Praxisnutzen, aber viel Zukunftspotenzial. Für letzteres sei explizit auf ×4-Slots hingewiesen: In den letzten Generationen haben sich diese als Standard für High-End-Schnittstellen-Nachrüstungen erwiesen. Egal ob SATA 6 GBit/s und USB 3.0 in einem betagen Core-2-Rechner, M.2 in einem sechs Jahre alten Sytem oder 10-GBit-LAN und Thunderbolt 3 heutzutage – immer, wenn eine Schnittstelle deutlich schneller ist als die zum Erscheinen des Mainboards verfüg- bzw. bezahlbaren, war bzw. ist ein 1.0-, 2.0- oder 3.0×4-Slot das Mittel der Wahl, um ein Türchen in die Zukunft zu öffnen.

DDR & CPU-Sockel: Selbsterklärend. Auch die Aufnahmen für Prozessor und RAM sind eine Form von Mainboard-Steckplatz. Da Anzahl und Fähigkeiten durch die Plattform vorgegeben sind, gibt es hier aber kaum Unterschiede zwischen den Platinen. Beachten müssen Sie nur die CPU-Kompatibilitätslisten und Verweise auf etwaige UEFI-/BIOS-Versionen: Mainboards, die vor dem Erscheinen einer neuen CPU-Generation produziert wurden, haben keine passende Firmware. Solange der Sockel kompatibel ist, kann man das zwar mit einem einfachen Update beheben – dafür braucht man aber einmalig eine alte CPU, damit sich das Board überhaupt einschalten lässt. Das ist für den Händler natürlich kein Problem, weswegen man ihn als Käufer darauf ansprechen sollte, wenn man ein (günstiges) Mainboard aus einer älteren Generation mit gleichem Sockel nimmt. Aber Vorsicht: Intel hat unglücklicherweise die letzten beiden Mainstream-Sockel „1151“ getauft, obwohl die neueren 8000er-/9000er-CPUs nicht auf den alten Mainboards mit 100er-/200er-I/O-Hubs laufen dürfen. *(tv)*

(K)eine TR4-/2066-Empfehlung?

Wie im Haupttext dargelegt, sind die Enthusiast-Plattformen von AMD und Intel selbst für enthusiastische Spieler nicht mehr von Interesse. Ausreichend Kerne gibt es, deutlich günstiger, mittlerweile auch im Sockel 1151 und insbesondere AM4 – zum Teil sogar mit mehr Takt und somit mehr Spieleleistung ab Werk. Bei Intel lassen sich die Desktop-Modelle zudem allgemein besser übertakten, bei AMD zumindest in den meisten Fällen, da ein 16- oder gar 32-Kern-Threadripper schlichtweg schon bei Standard-Takt ein Kühlungsproblem darstellt. Die „großen“ Plattformen sind deswegen selbst für Spieler mit SLI-Gespann kein Vorteil, obwohl sie deutlich mehr Lanes für Grafikkarten zur Verfügung stellen. Ganz anders kann dies im Produktiveinsatz aussehen, wenn neben viel-Kern-optimierter Anwendungssoftware auch ab und zu ein Spiel auf dem gleichen Rechner laufen soll, denn „nicht schneller“ bedeutet natürlich trotzdem „genug Leistung zum Zocken“. TR4-Interessenten können wir hier aus Preis-Leistungs-Sicht Asrocks X399 Taichi ans Herz legen, solange maximal ein 180-Watt-16-Kerner zum Einsatz kommt. Für die 250-Watt-Spitzenmodelle führt, zumindest ohne Wasserkühlung, dagegen kein Weg an den Spannungswandlern eines MSI X399 Creation oder Asus Zenith Extreme Alpha vorbei. Beachten Sie aber den eingeschränkten Platz für Erweiterungskarten auf diesen Platinen. Bei der Intel-Konkurrenz ist MSIs X299 Gaming Pro Carbon AC seit längerem einen Blick wert, wir raten aber zum Abwarten: Im Herbst soll eine neue Generation folgen.

Mainboards für Intel Sockel 1151 (ohne Übertaktung)

Gigabyte H370 Gaming 3 WIFI

Volle Ausstattung zum niedrigeren Preis? Gigabyte schummelt nicht, sondern kombiniert eine vollwertig bestückte Platine mit dem eher für abgemagerte Mainboards gedachten H370.

Wer Sockel-1151-CPUs übertakten will, der hat keine Wahl: Wegen künstlicher Sperren in der Intel-Firmware muss er ein Mainboard mit Z390-PCH (oder dessen Vorgänger Z370) kaufen. Sollen CPU und RAM dagegen zeitlebens nur mit der von Intel spezifizierten Geschwindigkeit laufen, bietet der H370 quasi die gleiche Ausstattung – lediglich die Möglichkeit zum Multi-GPU-Betrieb mit zweimal 8 statt einmal 16 PCI-Express-3.0-Lanes bleibt ihm noch verwehrt, sonst gibt es keinen Unterschied zum Mittelklasse-Z390-Mainboards. Und der Wegfall des sharenden ×8-Slots ist für die überwältigende Mehrheit, die ohnehin nur eine Grafikkarte nutzen möchte, sogar ein leichter Vorteil, da weniger Layout-Kompromisse nötig werden.

Die letztgenannte Info scheint bei Gigabyte nicht angekommen zu sein, denn das H370 Gaming 3 WIFI verschwendet trotzdem einen ×1-Steckplatz unter der dem Grafikkartenkühler – aber hier ist es einer von insgesamt vier, die zusätzlich zu einem ×4-3.0-Slot zur Verfügung stehen. Soviel wird kaum ein Anwender belegen, schmerzhaft ist nur der Verlust der PCI-Express-Lane als solcher, denn dem H370 Gaming 3 fehlen derer zwei, um beide M.2-Steckplätze mit voller Geschwindigkeit anzusprechen. So hat nur der erste 32 GBit/s, der zweite läuft halb so schnell mit zwei Lanes. Davon abgesehen ist die Platine aber voll ausgestattet. Neben dem namensgebenden WLAN verdient vor allem der aktuelle Realtek-ALC1220-Audio-Codec eine Erwähnung – die meisten Sockel-1151-Mainboards unter 150 Euro sparen dagegen am Onboard-Sound. Ebenfalls vollwertig fallen die USB-3.1-Ausstattung (zwei Ports hinten, ein Header vorn) und überraschenderweise die Spannungswandlerkühlung aus. H370-Nutzer können zwar gar nicht übertakten und Gigabytes Werkseinstellungen halten die CPU auf fast vorbildlichen 115 W, aber der Lebensdauer förderlich sind maximal 65 °C allemal.

Asrock H370 Pro4

Sockel 1151 und billig – geht das? Je nach Anspruch durchaus. Asrock macht zwar typische Einsteiger-Abstriche, nutzt die Stärken der Plattform aber weiterhin aus.

Preisfrage: Wieviele 32-GBit/s-NVME-SSDs kann man in einem Mainboard für unter 100 Euro betreiben? Wenn Sie „drei" geantwortet haben, kennen sie das H370 Pro4 vermutlich schon, denn die meisten Konkurrenten schaffen gerade einmal eine. Asrock dagegen bietet nicht nur den H370 in einer Preisklasse an, in der sonst fast ausschließlich dessen billig-Bruder B360 zu Hause ist, sondern baut auch ein vernünftiges Layout drum herum. Highlight sind klar die beiden sharing-freien PCI-Express-3.0-×4-M.2-Steckplätze und der -3.0-×4-Slot. Letzterer teilt seine Lanes zwar mit zwei von drei ×1-Kollegen, die übrigens größtenteils sicher vor Grafikkarten-Kühlern sind, aber die Möglichkeit, eine ×1- und eine ×4- oder alternativ vier ×1-Erweiterungskarten zusätzlich zur Grafikkarte zu betreiben, ist in der 100-Euro-Klasse auch nicht selbstverständlich.

Abgesehen von den typischen sechs, hier sharing-freien SATA-Ports für weitere Laufwerke neben beiden M.2 ist das H370 Pro4 allerdings arm an Highlights. USB 3.1 gibt es noch zweimal am I/O-Panel, das sonst aber nur mit drei Onboard-Grafik-Ausgängen und einer Halterung für ein nicht beiligendes WLAN-Modul glänzt. Alles andere auf der Platine entspricht dann doch der Preisklasse – angefangen beim altertümlichen Onboard-Sound auf Realtek-ALC892-Basis über fehlende USB-3.1-/-Typ-C-Front-Header bis hin zu den eher mäßig gekühlten Spannungswandlern. Deren 77 °C im Betrieb mit einer 95-Watt-CPU sind zwar prinzipiell noch akzeptabel, sonst würden wir die Platine hier nicht empfehlen, denn deutlich erhöhte Verbräuche ergeben auf einem H370-Mainboard ohne Übertaktungsmöglichkeit sowieso keinen Sinn. Umso unerklärlicher ist aber, wieso Asrock genau so eine Vorgabe als Werkszustand ausliefert: Wir messen bis zu 145 Watt und empfehlen dringend eine Anpassung des Power Limits im UEFI.

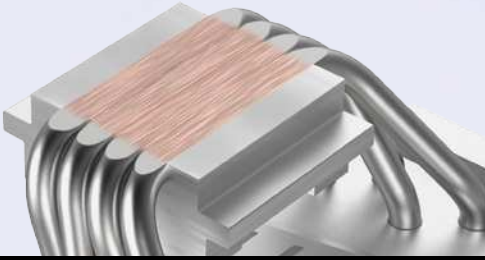
Alpenföhn®

MEHR INFORMATIONEN

ENGINEERED IN GERMANY

LEISTUNGSSTARK. KOMPAKT. HOHE KOMPATIBILITÄT

- Asymmetrischer Aufbau des Kühlkörpers
- Wing Boost 3 120mm Premium Lüfter
- bis zu 170W TDP
- 149mm Einbauhöhe für maximale Kompatibilität
- einfaches RockMount2 Montagesystem



BROCKEN ECO ADVANCED

Socket LGA 2066 | Socket LGA 2011/v3 | Socket LGA 2011 | Socket LGA 1151 | Socket LGA 1150 | Socket LGA 1155

Socket LGA 1156 | Socket LGA 775 | Socket LGA 1366

Socket AM4 | Socket AM3(+) | Socket AM3 | Socket AM2(+) | Socket AM2 | Socket FM1

WWW.ALPENFOEHN.DE

Bild: IO Interactive

DDR4-SDRAM

Immer komplexere Spielwelten erzeugen auch immer größere Datenmengen, sodass Spieler auf viel und guten Arbeitsspeicher angewiesen sind. Wir erläutern, worauf es bei einem DDR4-Kit ankommt.

Die wichtigste Eigenschaft von RAM ist die Kapazität, denn sie hat den größten Einfluss auf die Leistung des gesamten Systems. Bei einer zu kleinen Speichermenge müssen häufig Inhalte von der SSD oder HDD angefragt werden, da der Arbeitsspeicher nicht alle benötigten Daten vorrätig halten kann. Da diese Speichermedien deutlich langsamer als RAM sind, bekommen Sie diese Wartezeiten zu spüren. Bei einfachen Aufgaben wie Internet-Surfen ist das noch zu verschmerzen, bei PC-Spielen ist aber schnell die Ruckel-Schmerzgrenze erreicht, falls es nicht gleich zu einem Absturz kommt.

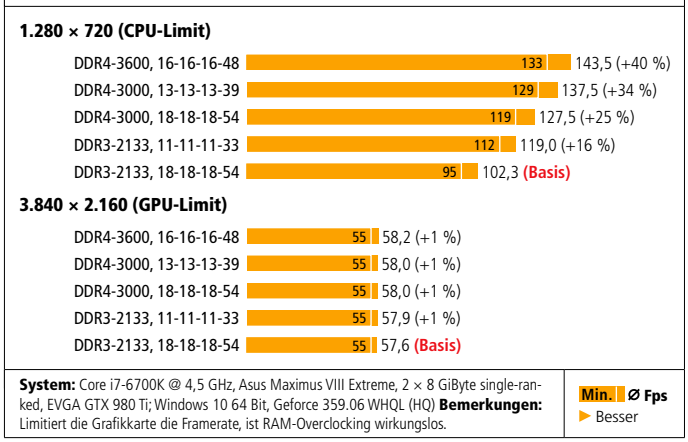
Erfreulicherweise ist RAM seit 2018 deutlich im Preis gefallen, der Zeitpunkt zum Aufrüsten ist also gut. Mit massiven Preisrückgängen in den nächsten Monaten rechnen wir nicht mehr, da Chipfertiger wie Samsung bereits auf die Situation reagiert und ihre Produktion zurückgefahren haben.

Vorweg: Mengenlehre

Blendet man die Kosten aus, gilt eine Regel: Zu viel Speicher gibt es nicht, solange die Plattform die Kapazität unterstützt. Allerdings können Sie eine höhere Systemleistung erzielen, wenn Sie Ihr Geld statt in möglichst viel Arbeitsspeicher in die tatsächlich benötigte Kapazität und in RAM-Module mit besseren Leistungswerten (Takt/Timings) stecken. PC Games Hardware hat in einigen Messreihen untersucht, welche Leistungsunterschiede sich durch den Einsatz von 4, 8, 16 und 32 GiByte RAM in den Titeln Battlefield 1, The Division, The Witcher 3, Doom und Skyrim Special Edition (inklusive Grafikmods) ergeben. Zur Analyse eignen sich Frametime-Diagramme am besten, da sie kleine Nachladeruckler gut sichtbar machen, die sich in Balken-Benchmarks nur durch leicht niedrigere Minimum- oder Durchschnitts-Fps zeigen. Wenn das System innerhalb weniger Minuten mehrfach kurz stockt, leidet das Spielvergnügen stärker als man es anhand der durchschnittlichen Framerate vermuten würde. Mit 8 GiByte laufen die meisten aktuellen Spiele zwar, Sie müssen aber mit Einschränkungen rechnen: Im Direktvergleich mit 16 GiByte treten zum Beispiel in Battlefield 1 mehr Mikroruckler auf. Die Frametimes, also die Zeitabstände zwischen zwei berechneten Einzelbildern, steigen in diesen Fällen auf 20 bis 25 ms, während die Frametimes mit 16 GiByte bei maximal 15 ms Verzögerung liegen. Da die größeren Schwankungen mit 8 GiByte irritieren, schließen wir uns der immer häufiger von Entwicklern ausgegebenen Empfehlung an: Mit 16 GiByte sind Sie in aktuellen Spielen gut aufgestellt. In Einzelfällen wie dem VR-Titel Ark Park liegt bereits die minimale Systemanforderung bei 16 GiByte!

32 GiByte bringen im Direktvergleich mit 16 GiByte geringe Vorteile, auch mit dieser Speichermenge können gelegentlich minimale Ruckler auftreten. Das liegt aber oft nicht am Speichermangel, sondern an Eigenheiten der Engine. Die mit Grafikmods verschönerte Skyrim Special Edition legt beispielsweise immer mal wieder eine kurze Nachladepause ein, wenn man die riesige Spielwelt durchstreift – an bestimmten Grenzen werden abrupt Daten nachgeladen. 32 GiByte sind für Spieler interessant, die ein größeres Budget haben, gerne Multitasking betreiben oder sich in den nächsten Jahren um RAM keine Gedanken machen möchten. Die für 2020 erwarteten Nachfolger der Playstation 4 und Xbox One werden soweit bekannt

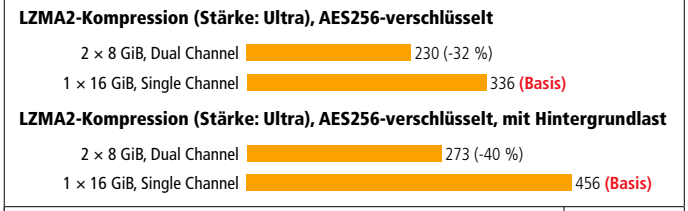
The Witcher 3: CPU- und GPU-Limit



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, 2 × 8 GiByte single-ranked, EVGA GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Geforce 359.06 WHQL (HQ) **Bemerkungen:** Limitiert die Grafikkarte die Framerate, ist RAM-Overclocking wirkungslos.

Min. Ø Fps
▶ Besser

7-Zip: Ca. 3 GB komprimieren und verschlüsseln



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, Asus Maximus VIII Extreme, DDR4-2400 (15-15-15-35 2T), 8 GiByte single-ranked, 16 GiByte dual-ranked, EVGA Geforce GTX 980 Ti; Windows 10 64 Bit, Hintergrundlast 2 × HCI Memtest (1 GiB)

Sekunden
◀ Besser

mehr Arbeitsspeicher als die aktuellen Modelle bieten und daher indirekt auch den RAM-Hunger von PC-Spielen erhöhen. Mit 32 GiByte sind Sie auf der sicheren Seite.

Falls Sie intensiven Gebrauch von Bildbearbeitung, virtuellen Maschinen und/oder RAM-Disks machen, benötigen Sie womöglich sogar mehr als 32 GiByte. In diesem Fall können Ihnen Herstellerempfehlungen, die Erfahrungen anderer Nutzer und eigene Beobachtungen weiterhelfen. Photoshop reserviert sich etwa standardmäßig 70 Prozent des zur Verfügung stehenden Arbeitsspeichers und gibt einen Effizienzwert aus, der im Idealfall bei 100 % liegt. Niedrigere Werte weisen auf eine Auslagerung auf die SSD oder Festplatte hin, die sich mit einer RAM-Aufstockung vermeiden lassen.

Zwei oder vier Kanäle?

Indem der RAM-Controller zwei, drei oder vier Module gleichzeitig anspricht, lässt sich die Transferrate deutlich erhöhen. Welche Art des Mehrkanalbetriebs Sie nutzen können, hängt von der verwendeten Plattform ab: Die am häufigsten genutzte Beschleunigungstechnik Dual Channel unterstützen Prozessoren für die Sockel 1151 und AM4, bis zu vier Kanäle lassen sich mit den High-End-Plattformen Sockel 2066 (mit Ausnahme von Kaby Lake X) und TR4 nutzen.

Die Fähigkeit zum Mehrkanalbetrieb ist eine Eigenschaft des RAM-Controllers, nicht der Speichermodule selbst. Im Handel angebotene Dual- oder Quad-Channel-Kits sind lediglich vom Hersteller für den Mehrkanalbetrieb zusammengestellte, baugleiche Riegel. Diese Produkte sind daher zwar empfehlenswert, aber kein Muss, um die Vorteile des Mehrkanalverfahrens nutzen zu können. Pro Kanal benötigen Sie mindestens ein Modul für den Mehrkanalbetrieb, außerdem sollte die Speichermenge pro Kanal identisch sein, da sonst Leistungsschwankungen auftreten. Welche Steckplätze die richtigen sind, können Sie stets dem Mainboard-Handbuch entnehmen.

Im Alltag bringt Mehrkanalbetrieb den größten Nutzen, wenn mehrere Programme gleichzeitig auf den Arbeitsspeicher zugreifen. Wenn Sie beispielsweise einige Gigabyte Daten komprimieren und in der Zwischenzeit nicht warten, sondern etwas spielen möchten, verhelfen mehr Speicherkanäle sowohl zu höheren Bildraten als auch zu ei-

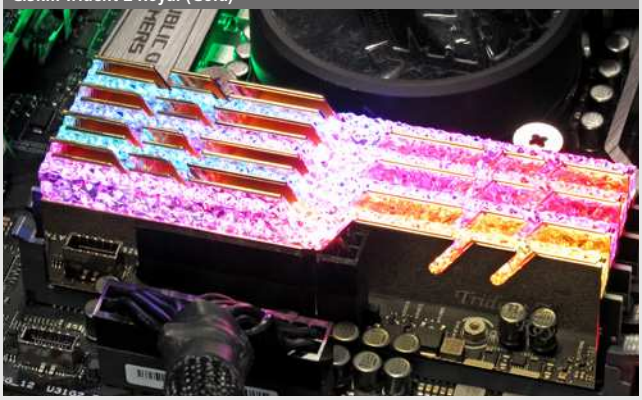
RGB-Lichtspiele sind im Trend

Konfigurierbare RGB-LED-Farbenspiele gibt es von den meisten RAM-Herstellern – abgebildet sind vier Beispiele. Die Beleuchtung gibt es allerdings nicht kostenlos; zum gleichen Preis erhalten Sie daher oft etwas schnellere Kits ohne LEDs.

Ballistix Tactical Tracer RGB

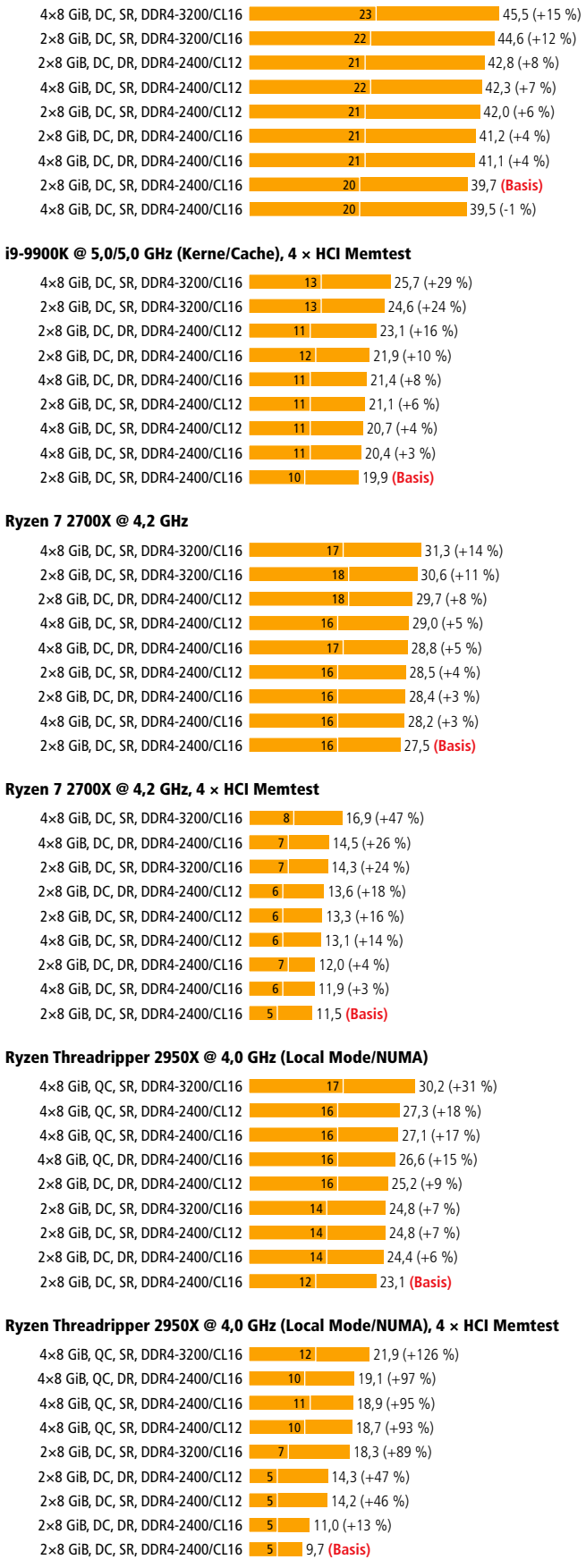
Corsair Dominator Platinum RGB

G.Skill Trident Z Royal (Gold)



Hyper X Predator RGB

Kingdom Come: Deliverance (720p, max. Details)



System: Asus Maximus X Hero (UEFI 1704), Asus Crosshair VII Hero (UEFI 0601), MSI X399 MEG Creation (UEFI 1.29), Geforce GTX 2080 FE; Win 10 64 Bit v1803 (Build 17134), Geforce 416.94 WHQL **Bemerkungen:** DC/QC = Dual/Quad Channel, DR/SR = Dual/Single Rank

P99 Ø Fps
▶ Besser

ner kürzeren Kompressionszeit. In Spielen profitieren Sie ohne Hintergrundlast aber auch dann deutlich, wenn die Grafikkarte nicht bremst.

Der Mehrkanalbetrieb erhöht den Speicherdurchsatz deutlich und ist praktisch kostenlos, da sich Einzelmodule und Kits mit der gleichen Gesamtkapazität preislich kaum unterscheiden. Sehr hohe Speichermengen lassen sich sogar erst mit mehreren Modulen erreichen. Greifen Sie bei einem Neukauf am besten gleich zu einem Dual-/Quad-Channel-Kit mit zwei/vier identischen Sticks. Wenn Sie Module ersetzen oder die RAM-Menge aufstocken möchten, dann berücksichtigen Sie das Thema Mehrkanalbetrieb vor dem Kauf.

Takt und Timings

Die offiziellen Angaben zum unterstützten Speichertakt variieren zwischen den CPU-Serien und zum Teil einzelnen Modellen, auch die Anzahl der Module und Ranks spielt (gerade bei AMD) eine Rolle. In der Praxis lassen sich auch ohne Overclocking-Talent oft deutlich höhere Taktraten erreichen, indem lediglich das XM-Profil schneller RAM-Module im UEFI-Menü geladen wird. Die Limits hängen von vielen Faktoren ab, aktuelle Intel-Prozessoren auf Mainboards mit Z- oder X-PCH verkraften aber tendenziell höhere Taktraten als Ryzen-1000/2000-Setups. Coffee-Lake-Chips sind für DDR4-4000+ geeignet, die Kombination aus Ryzen 3000 und X570 den Vorabinformationen zufolge wohl auch. Die besten OC-Eigenschaften weisen Kits mit Samsung-Chips (B-Die) auf, die fast nur auf teuren Kits verbaut werden. Sie sind üblicherweise für DDR4-3200/14-14-14-x oder DDR4-3600/16-16-16-x und besser spezifiziert.

Tipp: Läuft das System nicht mit dem gewünschen Speichertakt, helfen oft eine Erhöhung der SOC-Spannung (AMD) oder der VCCIO- und System-Agent-Spannung (Intel). Tasten Sie sich hierbei in kleinen Schritten von maximal 0,05 Volt zusätzlich vor und beschränken Sie sich auf eine maximale Anhebung um ca. 0,20 Volt. Stärkere Erhöhungen sollten nur erfahrene Übertakter vornehmen, die bereit sind, Nachteile wie eine erhöhte Abnutzung für einen kleinen Leistungsvorteil in Kauf zu nehmen.

Die Timings entscheiden darüber, wie viele Taktzyklen für eine bestimmte Operation vergehen, niedrige Timings sind daher besser. Üblicherweise sind vier Latenzen, nämlich CAS (CL), RCD, RP und RAS hintereinander aufgeführt. Es handelt sich um relative Werte, die an die Taktfrequenz gekoppelt sind. Ein für 16-16-16-36 freigegebenes DDR4-3600-Kit ist also schneller als zum Beispiel DDR4-3000-Riegel mit den (vermeintlich) besseren Timings 15-15-15-35.

Ranks

Die Anzahl der Ranks beschreibt den internen Aufbau der Speichermodule. Module mit einer hohen Kapazität sind meistens dual-ranked. DDR4-Sticks mit 4 GiByte sind grundsätzlich single-ranked, mit 16 GiByte (aktuell noch) dual-ranked. Mehr Ranks bringen dank Rank-Interleaving ein kleines Leistungsplus. Für die Geschwindigkeit spielt es aber keine Rolle, auf wie vielen Modulen die Ranks verteilt liegen. Vier Single-Rank-Sticks sind bei einem Dual-Channel-System also ähnlich schnell wie zwei Dual-Rank-Module. Mit mehr Ranks ist dafür das OC-Potenzial etwas geringer. *(sw)*

RAM benötigt keine aktive Belüftung. Produkte wie der Corsair Vengeance Airflow richten sich üblicherweise an Übertakter, welche höhere Spannung anlegen.

Günstige 2 × 8 GiByte

Einen garantierten Takt von 1.500 MHz (DDR4-3000) bei dieser Kapazität bietet kein günstigeres RAM-Kit als G.Skill Aegis F4-3000C16D-16GISB, das für die Timings 16-18-18-38 ausgelegt ist. Im PCGH-Test zeigte sich, dass die Module bei 1,35 Volt sogar Reserven für DDR4-3600 haben, doch das muss natürlich nicht jedes Kit mitmachen. Trotzdem erhalten Sie hier zum kleinen Preis eine ordentliche Grundausstattung. Auf einen Kühlkörper müssen Sie zwar verzichten, für einen stabilen Betrieb ist der aber nicht erforderlich.

www.pcgh.de/preis/1474853

2 × 8 GiByte für Tuner

Als einziges DDR4-3600-Kit ist das G.Skill-Duo Trident Z F4-3600C15D-16GTZ für die scharfen Timings 15-15-15-35 ausgelegt, was für gut selektierte Chips des Typs Samsung B-Die spricht, mit denen Übertakter mit einer geeigneten Plattform leicht in den Taktbereich DDR4-4000+ vorstoßen können. Bei niedrigeren Taktraten profitieren Sie von den tollen Eigenschaften für knapp gewählte (Sub)timings. Das Übertakterglück ist aber mit einem Aufpreis verbunden, das Preis-Leistungs-Verhältnis ist suboptimal.

www.pcgh.de/preis/1439046

Gute 4 × 8 GiByte

Diese Kapazität bietet sich vor allem für Besitzer eines Quad-Channel-fähigen Systems an, denn dafür benötigen Sie vier Sticks. Die vier Ballistix-Module mit der Produktnummer BLS4C8G4D32AESEK sind für DDR4-3200 (16-18-18-3x) bei 1,35 Volt ausgelegt und damit in der Mittelklasse angesiedelt. Der kompakte Heatspreader verträgt sich gut mit übergroßen Prozessorkühlern. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist überdurchschnittlich, enorme Overclocking-Reserven sollten Sie aber nicht erwarten.

www.pcgh.de/preis/1971808

Günstige 2 × 16 GiByte

Auch in der Kapazitätsklasse 2 × 16 GiByte gibt es kein Kit, das zum Tiefpreis so gute Eckdaten wie die Aegis-Module F4-3000C16D-32GISB aufweisen, nämlich DDR4-3000 (16-18-18-38) bei 1,35 Volt. Anders als bei der Variante mit halber Kapazität dürfen Sie hier allerdings mit zwei Dual- statt Single-Rank-Riegeln rechnen, was in der Praxis noch einen kleinen zusätzlichen Leistungsschub bringt. Ein Kühler fehlt, weshalb die Module die DDR4-Standardhöhe von 31,25 mm aufweisen.

www.pcgh.de/preis/1798024

2 × 16 GiByte für Tuner

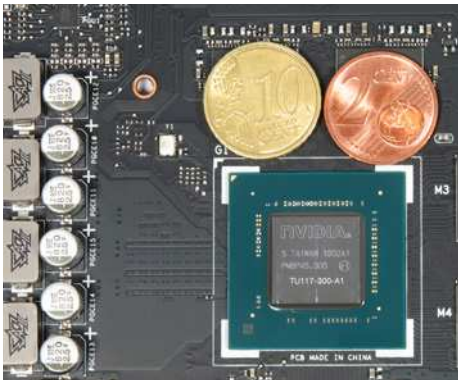
G.Skill bietet mehrere Kits mit der gleichen Kapazität und den garantierten Eckdaten von DDR4-3200/14-14-14-34 bei 1,35 Volt an, zum Redaktionsschluss war die Variante mit einem roten Kamm am günstigsten erhältlich. Allen gemein ist die Verwendung von potenten Samsung-Chips (B-Die) und der bei 16 GiByte pro Modul übliche Dual-Rank-Aufbau. Das macht das Erzielen von Taktraten über DDR4-4000 zwar schwieriger, doch die Praxisleistung ist ohnehin wichtiger – und die stimmt bei diesem Kit.

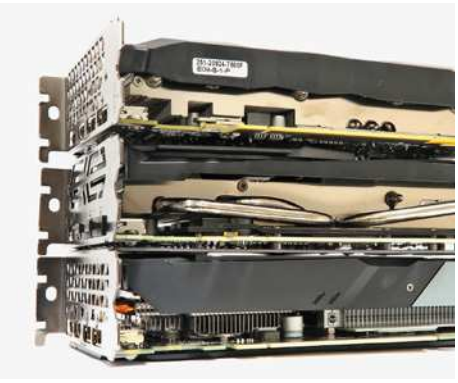
www.pcgh.de/preis/1383535

Gute 4 × 16 GiByte

Die vier Riegel sind für DDR4-3200 (16-18-18-36) bei 1,35 Volt ausgelegt und, wie von der Vengeance-LPX-Serie gewohnt, mit einem kompakten Kühlkörper ausgestattet, von dem keine Kollisionsgefahr ausgeht. 64 GiByte sind nur für PC-Spiele stark überdimensioniert, doch für Zwecke wie extremes Multi-Tasking, Virtualisierung oder eine RAM-Disk ideal. Falls Sie nicht wissen, ob Sie so viel Speicher benötigen, dann raten wir vorerst zu 32 GiByte, die sich bei Bedarf immer noch mit zusätzlichen Riegeln erweitern lassen.

www.pcgh.de/preis/1821495





Grafikkarten

Die Grafikkarte ist der Hauptleistungsträger im Spiele-PC. Damit Sie das richtige Modell auswählen, haben wir eine aktuelle Übersicht für Sie zusammengestellt.

Zwar beklagt sich so macher PC-Spieler über den stark verlangsamten Fortschritt, insgesamt ist der Grafikkartenmarkt jedoch lebendiger und bunter denn je. Auch die Preise der meisten Modelle fallen deutlich freundlicher aus als noch vor einem Jahr. Doch welche Grafikkarte genügt für welchen Anspruch? In diesem Artikel fassen wir das Angebot zusammen und geben Empfehlungen.

Marktüberblick

Auf der übernächsten Seite verrät Ihnen die Preis-Leistungs-Grafik, welche Grafikkarten ihr Geld wert sind. Am einfachsten haben es traditionell Full-HD-Spieler. Wer in dieser weit verbreiteten, GPU-schonenden Auflösung sorgenfrei spielen möchte, der musste bei Redaktionsschluss dieser Ausgabe (Mitte Juni) 140 Euro investieren. Für diese Summe erhalten Spieler ein aus Preis-Leistungs-Sicht unschlagbares Angebot in Form der Radeon RX 570, und zwar nicht mehr nur mit 4, sondern mit 8 GiByte Speicher. Wer nicht jeden Euro zweimal umdrehen muss, liegt hier richtig. Das „kleinere" Modell mit 4 GiByte, welches um 120 Euro gehandelt wird, ist in vielen Spielen ausreichend, in modernen Titeln limitiert jedoch immer öfter die Speicherkapazität. Die Folge sind Ruckeln und sichtbares, zähes Nachladen von Texturen. Wer in das 8-GiByte-Modell investiert, muss auf absehbare Zeit keinen Speicherengpass befürchten.

Letzteres gilt auch für die nächstbesseren Modelle, welche Sie für einen Aufpreis von jeweils 20 Euro erhalten. Die Radeon RX 580 und RX 590, beide mit 8 GiByte Speicher ausgestattet, sind ab rund 170 respektive 190 Euro erhältlich und liefern ein dazu passendes Leistungsplus. Wer sein Zelt lieber im grünen Lager aufschlägt, den wird es freuen, dass Nvidia einige Neuerscheinungen parat hält, welche in Sachen Preis-Leistung mithalten können. Da wäre die Geforce GTX 1660 Ti – man beachte das „GTX" anstelle des „RTX" –, zu der es momentan keine vergleichbare AMD-Alternative gibt. Die Nvidia-Karte platziert sich leistungsmäßig zwischen der älteren GTX 980 Ti und der GTX 1070. Für sie sprechen ihre hohe Energie-Effizienz und die daraus resultierenden, leisen Kühldesigns. Gegen sie spricht die Speicherkapazität von lediglich 6 GiByte. Letztere bringt auch ihre kleine Schwester mit, die GTX 1660. Dieses Modell rangiert in Spielen auf dem Niveau der Radeon RX 590 – mal führt die eine, mal die andere. Auch hier gilt: Suchen Sie primär eine leise, sparsame Karte, ist die GTX 1660 Ihr Produkt. Möchten Sie kommenden Spielen sicher entgegentreten, raten wir wegen ihrer 8 GiByte zur RX 590.

Daneben führt Nvidia neuerdings auch eine GTX 1650. Dieses stets mit 4 GiByte Speicher ausgestattete Modell tritt in die Fußstapfen der GTX 1050 Ti. Bei nur 75 Watt Energiebudget – und somit bei einigen Karten ganz ohne Stromstecker – arbeitet die GTX 1650 circa 30 Prozent schneller als ihre Vorgängerin. Gegen AMDs Radeon RX 570 mit ebenfalls 4 GiByte zieht sie in den meisten Fällen den Kürzen, auch in Sachen Preis-Leistungs-Verhältnis.

Anspruchsvolle PC-Spieler sind im Preisbereich um 250 Euro gut aufgehoben. Hier warten zwar keine brandneuen Produkte auf ein neues Zuhause, das Preis-Leistungs-Verhältnis der dortigen Modelle ist jedoch besser denn je. Vor allem die Radeon RX Vega 56, welche zeitweise ab 230 Euro lieferbar ist, verdient eine Empfehlung. Zu diesem Kurs erhalten Sie reichlich Fps pro Euro, allerdings kein starkes Kühldesign. Geboten wird bei den Schnäppchen nur das Mindeste, um die Abwärme zu bändigen – mit hörbaren Folgen. Wer auf Stille Wert legt und eine vergleichbare Leistung sucht, greift besser zu einer werkseitig stark übertakteten

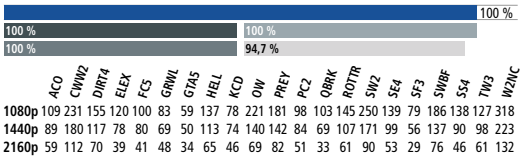
GPU-Leistungsindex: Top 20

BESSER ▶ | **Normierte Leistung** | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

■ Gesamtindex ■ Full HD ■ WQHD ■ Ultra HD ■ Anwendungen*

Titan RTX

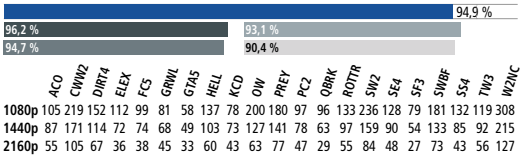
Takt: 1,70+/7,0 GHz
RAM: 24 GiB GDDR6
Preis: Ca. 2.700 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	109	231	155	120	100	83	59	137	78	221	181	98	103	145	250	139	79	186	138	127	308
1440p	89	180	117	78	80	69	50	113	74	140	142	84	69	107	171	99	56	137	90	98	223
2160p	59	112	70	39	41	48	34	65	46	69	82	51	33	61	90	53	29	76	46	61	132

Geforce RTX 2080 Ti

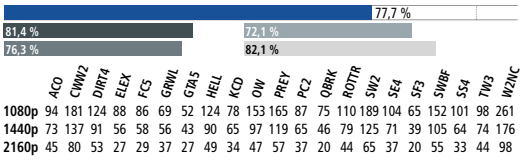
Takt: 1,65+/7,0 GHz
RAM: 11 GiB GDDR6
Preis: Ca. 1.260 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	105	219	152	112	99	81	58	137	78	200	180	97	96	133	236	128	79	181	132	119	308
1440p	87	171	114	72	74	68	49	103	73	127	141	78	63	97	159	90	54	133	85	92	215
2160p	55	105	67	36	38	45	33	60	43	63	77	47	29	55	84	48	27	73	43	56	127

Geforce RTX 2080

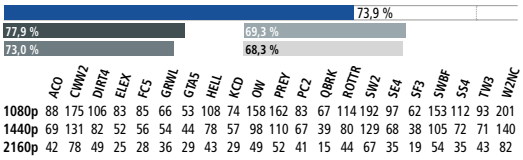
Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 850 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	94	181	124	88	86	69	52	124	78	153	165	87	75	110	189	104	65	152	101	98	261
1440p	73	137	91	56	58	56	43	90	65	97	119	65	46	79	125	71	39	105	64	74	176
2160p	45	80	53	27	29	37	27	49	34	47	57	37	20	44	65	37	20	55	33	44	98

Geforce GTX 1080 Ti

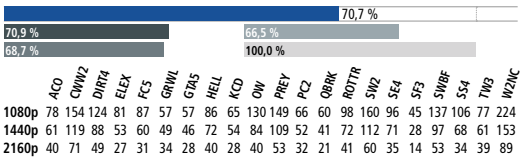
Takt: 1,65+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Nicht lieferbar



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	88	175	106	83	85	66	53	108	74	158	162	83	67	114	192	97	62	153	112	93	201
1440p	69	131	82	52	56	54	44	78	57	98	110	67	39	80	129	68	38	105	72	71	140
2160p	42	78	49	25	28	36	29	43	29	49	52	41	15	44	67	35	19	54	35	43	82

Radeon VII

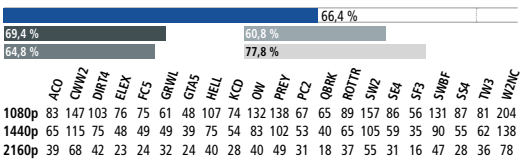
Takt: 1,70+/1,0 GHz
RAM: 16 GiB HBM2
Preis: Ca. 670 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	78	154	124	81	87	57	57	86	65	130	149	66	60	98	160	96	45	137	106	77	224
1440p	61	119	88	53	60	49	46	72	54	84	109	52	41	72	112	71	28	97	68	61	153
2160p	40	71	49	27	31	34	28	40	28	40	53	32	21	41	60	35	14	53	34	39	89

Geforce RTX 2070

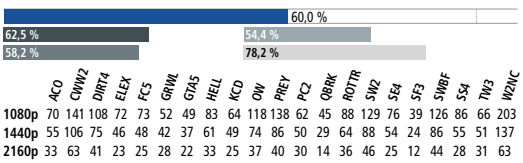
Takt: 1,83+/7,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR6
Preis: Ca. 630 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	83	147	103	76	75	61	48	107	74	132	138	67	65	89	157	86	56	131	87	81	204
1440p	65	115	75	48	49	49	39	75	54	83	102	53	40	65	105	59	35	90	55	62	138
2160p	39	68	42	23	24	32	24	40	28	40	49	31	18	37	55	31	16	47	28	36	78

Radeon RX Vega 64 LCE

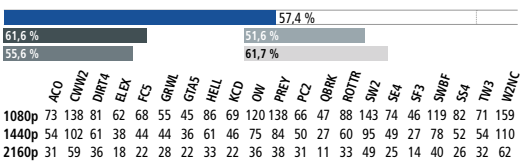
Takt: 1,53+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Nicht lieferbar



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	70	141	108	72	73	52	49	83	64	118	138	62	45	88	129	76	39	126	86	66	203
1440p	55	106	75	46	48	42	37	61	49	74	86	50	29	64	88	54	24	86	55	51	137
2160p	33	63	41	23	25	28	22	33	25	37	40	30	14	36	46	25	12	44	28	31	63

Geforce GTX 1080

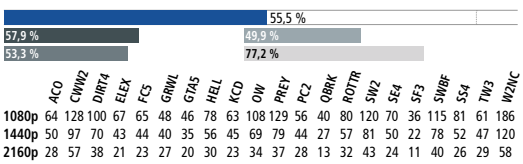
Takt: 1,63+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Nicht lieferbar



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	73	138	81	62	68	55	45	86	69	120	138	66	47	88	143	74	46	119	82	71	159
1440p	54	102	61	38	44	44	36	61	46	75	84	50	27	60	95	49	27	78	52	54	110
2160p	31	59	36	18	22	28	22	33	22	36	38	31	11	33	49	25	14	40	26	32	62

Radeon RX Vega 64 Air

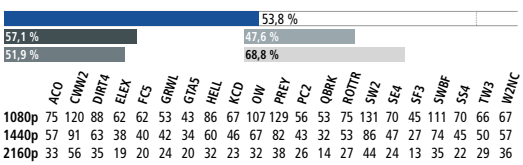
Takt: 1,34+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 380 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	64	128	100	67	65	48	46	78	63	108	129	56	40	80	120	70	36	115	81	61	186
1440p	50	97	70	43	44	40	35	56	45	69	79	44	27	57	81	50	22	78	52	47	120
2160p	28	57	38	21	23	27	20	30	23	34	37	28	13	32	43	24	11	40	26	29	58

Geforce RTX 2060

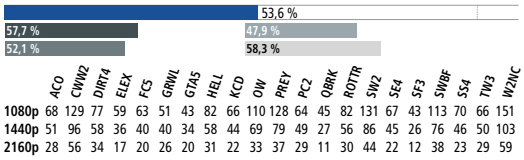
Takt: 1,80+/7,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR6
Preis: Ca. 370 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	75	120	88	62	62	53	43	86	67	107	129	56	53	75	131	70	45	111	70	66	67
1440p	57	91	63	38	40	42	34	60	46	67	82	43	32	53	86	47	27	74	45	50	57
2160p	33	56	35	19	20	24	20	32	23	32	38	26	14	27	44	24	13	35	22	29	36

Geforce GTX 1070 Ti

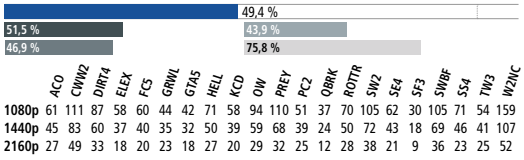
Takt: 1,72+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 430 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	68	129	77	59	63	51	43	82	66	110	128	64	45	82	131	67	43	113	70	66	151
1440p	51	96	58	36	40	40	34	58	44	69	79	49	27	56	86	45	26	76	46	50	103
2160p	28	56	34	17	20	26	20	31	22	33	37	29	11	30	44	22	12	38	23	29	59

Radeon RX Vega 56

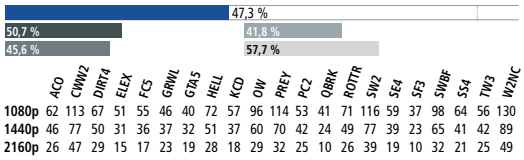
Takt: 1,21+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 250 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	61	111	87	58	60	44	42	71	58	94	110	51	37	70	105	62	30	105	71	54	159
1440p	45	83	60	37	40	35	32	50	39	59	68	39	24	50	72	43	18	69	46	41	107
2160p	27	49	33	18	20	23	18	27	20	29	32	25	12	28	38	21	9	36	23	25	52

Geforce GTX 1070

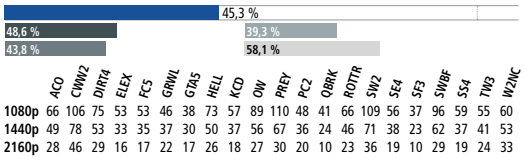
Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 260 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	62	113	67	51	55	46	40	72	57	96	114	53	41	71	116	59	37	98	64	56	130
1440p	46	77	50	31	36	37	32	51	37	60	70	42	24	49	77	39	23	65	41	42	89
2160p	26	47	29	15	17	23	19	28	18	29	32	25	10	26	39	19	10	32	21	25	49

Geforce GTX 1660 Ti

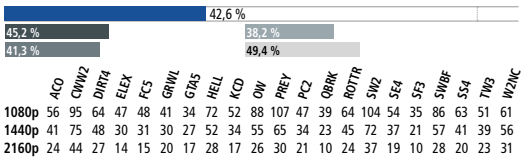
Takt: 1,78+/6,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR6
Preis: Ca. 260 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	66	106	75	53	53	46	38	73	57	89	110	48	41	66	109	56	37	96	59	55	60
1440p	49	78	53	33	35	37	30	50	37	56	67	36	24	46	71	38	23	62	37	41	53
2160p	28	46	29	16	17	22	17	26	18	27	30	20	10	23	36	19	10	29	19	24	33

Geforce GTX 980 Ti

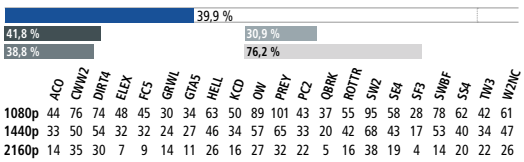
Takt: 1,04+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	56	95	64	47	48	41	34	72	52	88	107	47	39	64	104	54	35	86	63	51	61
1440p	41	75	48	30	31	30	27	52	34	55	65	34	23	45	72	37	21	57	41	39	56
2160p	24	44	27	14	15	20	17	28	17	26	30	21	10	24	37	19	10	28	20	23	31

Radeon R9 Fury X

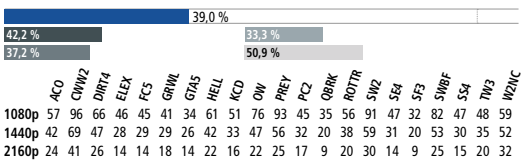
Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	76	74	48	45	30	34	63	50	89	101	43	37	55	95	58	28	78	62	42	61
1440p	33	50	54	32	32	24	27	46	34	57	65	33	20	42	68	43	17	53	40	34	47
2160p	14	35	30	7	9	14	11	26	16	27	32	22	5	16	38	19	4	14	20	22	26

Geforce GTX 1660

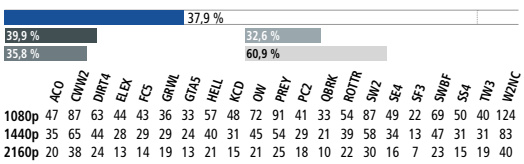
Takt: 1,85+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 220 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	57	96	66	46	45	41	34	61	51	76	93	45	35	56	91	47	32	82	47	48	59
1440p	42	69	47	28	29	29	26	42	33	47	56	32	20	38	59	31	20	53	30	35	52
2160p	24	41	26	14	14	18	14	22	16	22	25	17	9	20	30	14	9	25	15	20	32

Radeon RX 590/8G

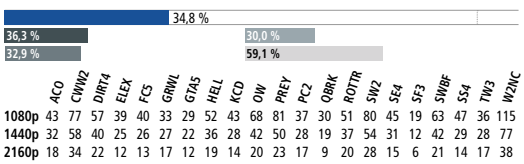
Takt: 1,55/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 190 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	47	87	63	44	43	36	33	57	48	72	91	41	33	54	87	49	22	69	50	40	124
1440p	35	65	44	28	29	29	24	40	31	45	54	29	21	39	58	34	13	47	31	31	83
2160p	20	38	24	13	14	19	13	21	15	21	25	18	10	22	30	16	7	23	15	19	40

Radeon RX 580/8G

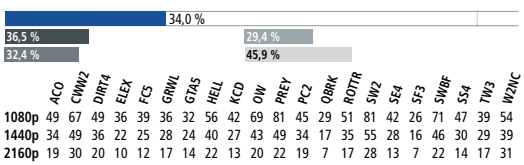
Takt: 1,34/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 170 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	43	77	57	39	40	33	29	52	43	68	81	37	30	51	80	45	19	63	47	36	115
1440p	32	58	40	25	26	27	22	36	28	42	50	28	19	37	54	31	12	42	29	28	77
2160p	18	34	22	12	13	17	12	19	14	20	23	17	9	20	28	15	6	21	14	17	38

Geforce GTX 1060/6G

Takt: 1,70+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 180 €



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	67	49	36	39	36	32	56	42	69	81	45	29	51	81	42	26	71	47	39	54
1440p	34	49	36	22	25	28	24	40	27	43	49	34	17	35	55	28	16	46	30	29	39
2160p	19	30	20	10	12	17	14	22	13	20	22	19	7	17	28	13	7	22	14	17	31

System: Core i7-6800K (6C/12T) @ 4,4 GHz (LLC: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (1T); Windows 10 (1803, x64); anisotroper Filter auf Standard („Qualität"); Vsync aus. Klammer: Preisentwicklung ggü. Vormonat **Spiele-/Anwendungsnamen:** ACO: Assassin's Creed Origins, CWW2: Call of Duty WW2, Dirt 4, Elex, FC5: Far Cry 5, GRWL: Ghost Recon Wildlands, GTA5: Grand Theft Auto 5, HELL: Hellblade, KCD: Kingdom Come Deliverance, OW: Overwatch, Prey, PC2: Project Cars 2, QBRK: Quantum Break, ROTTR: Rise of the Tomb Raider, SW2: Shadow Warrior 2, SE4: Sniper Elite 4, SF3: Spellforce 3, SWBF2: Star Wars Battlefront 2, SS4: Sudden Strike 4, TW3: The Witcher 3, W2NC: Wolfenstein 2. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps. **Referenzkarten/Founders-Editionen unter sich. Die Anwendungsleistung fließt zu 1/22 (~4,55 %) nur in den blauen Gesamtindex ein.** *Capture One 11 (MPix/s): Titan RTX (38,3), 2080 Ti (36,5), 2080 (33,2), 1080 Ti (27,6), Radeon VII (40,4), 2070 (31,4), V64 LCE (31,6), 1080 (24,9), V64 Air (31,2), 2060 (27,8), 1070 Ti (23,6), V56 (30,6), 1070 (23,3), 1660 Ti (23,5), 980 Ti (20,0), Fury X (30,8), GTX 1660 (20,5), RX 590 (24,6), RX 580 (23,9), 1060 6GB (18,5)

GTX 1660 Ti (u. a. MSI Gaming X oder Gigabyte Aorus). Insgesamt hat die Nvidia-GPU im Duell das Nachsehen und ist teurer, benötigt aber nur circa die Hälfte Energie.

Raytracing: Ja oder nein?

Spätestens im nächsthöheren Preisbereich stellt sich die folgende Frage: Raytracing – brauche ich das? Dabei handelt es sich um eine realitätsnahe, besonders rechenaufwendige Art der Beleuchtung. Nvidia gab im Herbst des vergangenen Jahres den Startschuss mit den Geforce-RTX-20-Grafikkarten. Nur diese GPUs verfügen über dedizierte Hardware-Einheiten, um Raytracing-Effekte mit echtzeittauglicher Performance darzustellen. Doch RT-Effekte lassen sich nicht einfach per Treiber zuschalten, sondern müssen von den Spieleentwicklern implementiert werden. So kommt es, dass nun, ein Dreivierteljahr nach dem RTX-Start, nur eine Handvoll Spiele mit entsprechenden Effekten aufwartet. Die populärsten sind Battlefield 5 (RT-Reflexionen), Metro Exodus (RT-Beleuchtung) und Shadow of the Tomb Raider (RT-Schatten). Den Einstieg in die Raytracing-Welt markiert die RTX 2060, welche ab circa 340 Euro verfügbar ist. Von diesem Modell raten wir ab: Die RTX 2060 ist lediglich mit 6 GiByte Speicher bestückt, einer Menge, welche nicht zur hohen Rohleistung der Karte passt. Da Raytracing und kommende Spiele höhere Anforderungen an den Speicher stellen, hat die RTX 2060 ein ernsthaftes Nutzbarkeitsproblem. Deutlich besser sieht das bei der RTX 2070 aus. Bei dieser Karte, die mittlerweile für unter 500 Euro verfügbar ist, handelt es sich um ein ausgewogenes, zukunftssicheres Produkt, denn sie bietet nicht nur eine höhere (Raytracing-)Leistung, sondern auch angemessene 8 GiByte Speicher.

Aufrüsten mit Farbcode

Auf der rechten Seite sehen Sie die Quintessenz unserer Benchmarks in Form von Aufrüstmatrizen farblich aufbereitet. Hier erkennen Sie auf einen Blick, welche Grafikkarte am Markt (oben) am besten zu Ihnen passt respektive welche Leistungsgewinne ausgehend von einem älteren Modell (links) möglich sind. Fühlbare Unterschiede stellen sich erfahrungsgemäß ab einer Größenordnung von +30 Prozent ein, wobei mehr natürlich besser ist.

Speicher-Ratgeber

Speicher kann man nie genug haben, allerdings gibt es größere Kapazitäten nur gegen einen Aufpreis. Bei den meisten Grafikkarten haben Sie gar keine Wahl. Wer sich heute nach einer Gaming-Grafikkarte umsieht, hat in den populären Preisbereichen zwei Optionen: 6 GiByte (gut) und 8 GiByte (sehr gut). PC Games Hardware rät bereits seit drei Jahren zu diesen Kapazitäten, denn mit 4 GiByte kommt es verstärkt zu Problemen. Einige moderne PC-Spiele laufen mit viel Speicher nicht nur flüssiger, sondern sehen dabei außerdem besser aus. Verantwortlich dafür sind die Streaming-Systeme, die Grafikdaten häppchenweise anfordern. Passt beispielsweise eine angeforderte Textur nicht in den Speicher, wird stattdessen eine niedriger auflösende (= matschigere) Version ebendieser angezeigt. Das hat sichtbare Folgen, mit denen besser bestückte Grafikkarten nicht oder wesentlich seltener kämpfen. Dieses Verhalten sichert spielbare Fps auf speicherarmen Karten, ist jedoch unschön.

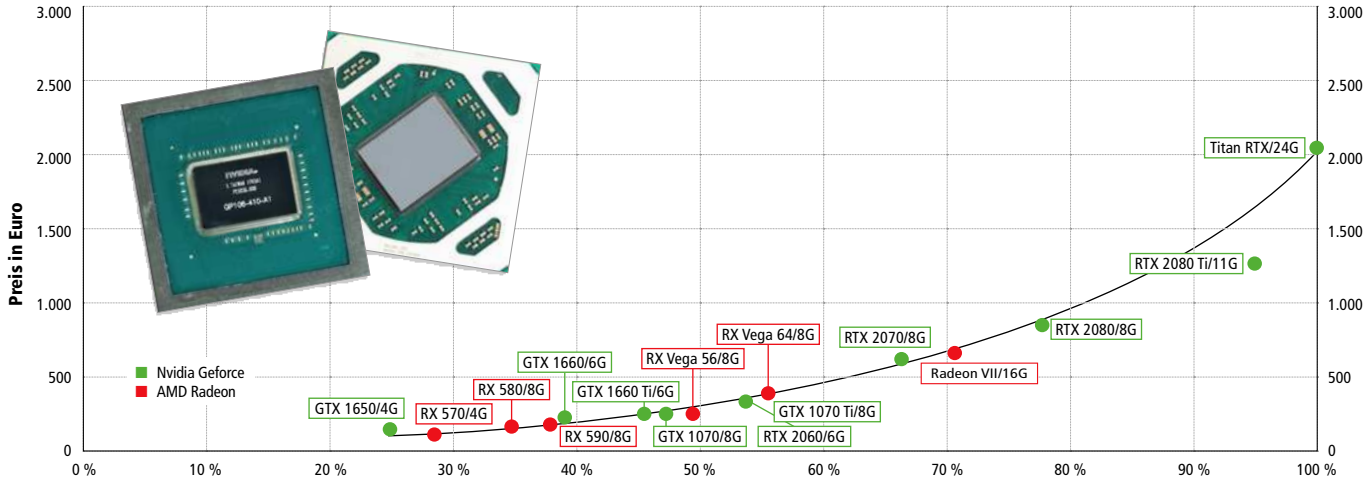
Ab der Leistungsklasse einer Radeon RX 570 sollten Sie das 4-GiByte-Modell zum geringen Aufpreis für eine 8-GiByte-Variante liegen lassen. Nvidias Entscheidung, die komplette Mittelklasse mit 6 GiByte auszustatten, zeugt nicht davon, zukunftssichere Produkte bauen zu wollen. Alle High-End-Karten zwischen 500 und 800 Euro werden indessen mit 8 GiByte ausgeliefert – AMDs mit 16 GiByte bewehrte Radeon VII ausgenommen. Unsere Tests ergeben, dass diese Kapazität selbst in Ultra HD genügt, allerdings mit ersten Ausnahmen wie Resident Evil 2 (2019), Wolfenstein 2 und weiteren. Wer eine Geforce RTX 2080 Ti oder gebrauchte GTX 1080 Ti mit je 11 GiByte kauft, muss sich ergo keine Sorgen über Speichermangel machen. *(rv)*

Fazit

Gaming-Grafikkarten

Flüssiger Spielspaß in Full-HD-Auflösung kommt bereits ab rund 150 Euro auf, hier wartet unter anderem eine Radeon RX 570 mit 8 GiByte Speicher auf Kundschaft. Wer kompromisslos in WQHD spielen möchte, sollte zu einer RTX 2070 oder RX Vega 64 greifen. Betuchte Ultra-HD-Zocker sind mit einer RTX 2080 Ti bestens beraten.

Gaming-Grafikkarten: Preis-Leistungs-Verhältnis



Normierter & gewichteter PCGH-Leistungsindex (21 Spiele in 3 Auflösungen, 1 Anwendung)

Grafikkarte	Index Preis/ Leistung	Leistungs-index	Index Anwendungen	Circa-Preis in Euro
AMD Radeon RX 570/4G	100%	28,5%	52,0%	120
AMD Radeon RX 580/8G	86,3%	34,8%	59,1%	170
AMD Radeon RX 590/8G	84,0%	37,9%	60,9%	190
AMD Radeon RX Vega 56/8G	83,3%	49,4%	75,8%	250
Nvidia Geforce GTX 1070/8G	76,7%	47,3%	57,7%	260
Nvidia Geforce GTX 1660/6G	74,6%	39,0%	50,9%	220
Nvidia Geforce GTX 1660 Ti/6G	73,5%	45,3%	58,1%	260
Nvidia Geforce GTX 1650/4G	69,9%	24,9%	37,1%	150

Grafikkarte	Index Preis/ Leistung	Leistungs-index	Index Anwendungen	Circa-Preis in Euro
AMD Radeon RX Vega 64/8G	61,6%	55,5%	77,2%	380
Nvidia Geforce RTX 2060/6G	61,2%	53,8%	68,8%	370
Nvidia Geforce GTX 1070 Ti/8G	53,8%	53,6%	58,3%	420
AMD Radeon VII/16G	44,5%	70,7%	100%	670
Nvidia Geforce RTX 2070/8G	44,4%	66,4%	77,8%	630
Nvidia Geforce RTX 2080/8G	38,5%	77,7%	82,1%	850
Nvidia Geforce RTX 2080 Ti/11G	31,7%	94,9%	90,4%	1260
Nvidia Titan RTX/24G	15,6%	100%	94,7%	2700

Bemerkungen: Das beste Preis-Leistungs-Verhältnis liefern AMD-Grafikkarten bis 300 Euro. Unter den Turing-Karten weist die RTX 2070 das zweitbeste Preis-Leistungs-Verhältnis auf.

Sortiert nach bestem Preis-Leistungs-Verhältnis (absteigende Reihenfolge).

Aufrüstmatrix 1.920 × 1.080: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

Leistungsverlust! ■ Über 50 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Plus 1–30 Prozent

	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080	Radeon VII	Geforce RTX 2070	Radeon RX Vega 64	Geforce RTX 2060	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1660 Ti	Geforce GTX 1660	Radeon RX 590
Geforce GTX 1080 Ti	+ 24 %	+ 4 %	-9 %	-11 %	-26 %	-27 %	-34 %	-38 %	-46 %	-49 %
Geforce GTX 1080	+ 56 %	+ 32 %	+ 15 %	+ 13 %	-6 %	-7 %	-16 %	-21 %	-32 %	-35 %
Radeon RX Vega 64	+ 66 %	+ 41 %	+ 22 %	+ 20 %	± 0 %	-1 %	-11 %	-16 %	-27 %	-31 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 67 %	+ 41 %	+ 23 %	+ 20 %	± 0 %	-1 %	-11 %	-16 %	-27 %	-31 %
Radeon RX Vega 56	+ 87 %	+ 58 %	+ 38 %	+ 35 %	+ 12 %	+ 11 %	± 0 %	-6 %	-18 %	-23 %
Geforce GTX 1070	+ 90 %	+ 60 %	+ 40 %	+ 37 %	+ 14 %	+ 13 %	+ 2 %	-4 %	-17 %	-21 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 113 %	+ 80 %	+ 57 %	+ 53 %	+ 28 %	+ 26 %	+ 14 %	+ 7 %	-7 %	-12 %
Radeon R9 Fury X	+ 130 %	+ 95 %	+ 70 %	+ 66 %	+ 39 %	+ 37 %	+ 23 %	+ 16 %	+ 1 %	-5 %
Geforce GTX 1660	+ 128 %	+ 93 %	+ 68 %	+ 64 %	+ 37 %	+ 35 %	+ 22 %	+ 15 %	± 0 %	-6 %
Radeon RX 590/8G	+ 141 %	+ 104 %	+ 78 %	+ 74 %	+ 45 %	+ 43 %	+ 29 %	+ 22 %	+ 6 %	± 0 %
Radeon RX 580/8G	+ 165 %	+ 124 %	+ 96 %	+ 91 %	+ 60 %	+ 57 %	+ 42 %	+ 34 %	+ 16 %	+ 10 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 163 %	+ 123 %	+ 94 %	+ 90 %	+ 59 %	+ 56 %	+ 41 %	+ 33 %	+ 16 %	+ 9 %
Geforce GTX 980	+ 160 %	+ 120 %	+ 92 %	+ 87 %	+ 56 %	+ 54 %	+ 39 %	+ 31 %	+ 14 %	+ 8 %
Radeon R9 390	+ 192 %	+ 147 %	+ 115 %	+ 110 %	+ 76 %	+ 73 %	+ 56 %	+ 47 %	+ 28 %	+ 21 %
Radeon R9 290X	+ 201 %	+ 155 %	+ 122 %	+ 117 %	+ 81 %	+ 79 %	+ 61 %	+ 52 %	+ 32 %	+ 25 %
Radeon RX 570/4G	+ 216 %	+ 168 %	+ 133 %	+ 128 %	+ 90 %	+ 88 %	+ 69 %	+ 60 %	+ 39 %	+ 31 %
Geforce GTX 970	+ 214 %	+ 166 %	+ 132 %	+ 127 %	+ 89 %	+ 87 %	+ 68 %	+ 59 %	+ 38 %	+ 30 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 220 %	+ 171 %	+ 136 %	+ 131 %	+ 93 %	+ 90 %	+ 71 %	+ 62 %	+ 41 %	+ 33 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 344 %	+ 276 %	+ 227 %	+ 220 %	+ 167 %	+ 163 %	+ 138 %	+ 124 %	+ 95 %	+ 84 %

Aufrüstmatrix 2.560 × 1.440: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

Leistungsverlust! ■ Über 50 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Plus 1–30 Prozent

	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080	Radeon VII	Geforce RTX 2070	Radeon RX Vega 64	Geforce RTX 2060	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1660 Ti	Geforce GTX 1660	Radeon RX 590
Geforce GTX 1080 Ti	+ 30 %	+ 5 %	-6 %	-11 %	-27 %	-29 %	-36 %	-40 %	-49 %	-51 %
Geforce GTX 1080	+ 70 %	+ 37 %	+ 24 %	+ 17 %	-4 %	-7 %	-16 %	-21 %	-33 %	-36 %
Radeon RX Vega 64	+ 78 %	+ 43 %	+ 29 %	+ 22 %	± 0 %	-3 %	-12 %	-18 %	-30 %	-33 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 82 %	+ 47 %	+ 32 %	+ 24 %	+ 2 %	0 %	-10 %	-16 %	-28 %	-31 %
Radeon RX Vega 56	+ 102 %	+ 63 %	+ 47 %	+ 38 %	+ 14 %	+ 11 %	± 0 %	-7 %	-21 %	-24 %
Geforce GTX 1070	+ 108 %	+ 67 %	+ 51 %	+ 42 %	+ 17 %	+ 14 %	+ 3 %	-4 %	-18 %	-22 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 129 %	+ 85 %	+ 66 %	+ 57 %	+ 29 %	+ 26 %	+ 13 %	+ 6 %	-10 %	-13 %
Radeon R9 Fury X	+ 144 %	+ 97 %	+ 77 %	+ 67 %	+ 38 %	+ 34 %	+ 21 %	+ 13 %	-4 %	-8 %
Geforce GTX 1660	+ 154 %	+ 105 %	+ 85 %	+ 74 %	+ 43 %	+ 39 %	+ 26 %	+ 18 %	± 0 %	-4 %
Radeon RX 590/8G	+ 165 %	+ 113 %	+ 92 %	+ 81 %	+ 49 %	+ 45 %	+ 31 %	+ 22 %	+ 4 %	± 0 %
Radeon RX 580/8G	+ 188 %	+ 132 %	+ 109 %	+ 97 %	+ 62 %	+ 58 %	+ 43 %	+ 33 %	+ 13 %	+ 9 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 192 %	+ 135 %	+ 112 %	+ 100 %	+ 64 %	+ 60 %	+ 44 %	+ 35 %	+ 15 %	+ 10 %
Geforce GTX 980	+ 187 %	+ 131 %	+ 108 %	+ 96 %	+ 61 %	+ 57 %	+ 42 %	+ 32 %	+ 13 %	+ 8 %
Radeon R9 390	+ 209 %	+ 149 %	+ 124 %	+ 111 %	+ 74 %	+ 69 %	+ 53 %	+ 43 %	+ 21 %	+ 17 %
Radeon R9 290X	+ 223 %	+ 160 %	+ 134 %	+ 121 %	+ 82 %	+ 77 %	+ 60 %	+ 49 %	+ 27 %	+ 22 %
Radeon RX 570/4G	+ 250 %	+ 182 %	+ 154 %	+ 140 %	+ 97 %	+ 92 %	+ 73 %	+ 62 %	+ 38 %	+ 32 %
Geforce GTX 970	+ 255 %	+ 186 %	+ 157 %	+ 143 %	+ 100 %	+ 94 %	+ 76 %	+ 64 %	+ 39 %	+ 34 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 253 %	+ 185 %	+ 156 %	+ 142 %	+ 99 %	+ 94 %	+ 75 %	+ 63 %	+ 39 %	+ 33 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 402 %	+ 305 %	+ 264 %	+ 243 %	+ 183 %	+ 175 %	+ 148 %	+ 132 %	+ 97 %	+ 90 %

Aufrüstmatrix 3.840 × 2.160: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

Leistungsverlust! ■ Über 50 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Plus 1–30 Prozent

	Geforce RTX 2080 Ti	Geforce RTX 2080	Radeon VII	Geforce RTX 2070	Radeon RX Vega 64	Geforce RTX 2060	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1660 Ti	Geforce GTX 1660	Radeon RX 590
Geforce GTX 1080 Ti	+ 34 %	+ 4 %	-4 %	-12 %	-28 %	-31 %	-37 %	-43 %	-52 %	-53 %
Geforce GTX 1080	+ 81 %	+ 40 %	+ 29 %	+ 18 %	-3 %	-8 %	-15 %	-24 %	-35 %	-37 %
Radeon RX Vega 64	+ 86 %	+ 44 %	+ 33 %	+ 22 %	± 0 %	-5 %	-12 %	-21 %	-33 %	-35 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 94 %	+ 50 %	+ 39 %	+ 27 %	+ 4 %	-1 %	-8 %	-18 %	-30 %	-32 %
Radeon RX Vega 56	+ 112 %	+ 64 %	+ 51 %	+ 39 %	+ 14 %	+ 8 %	± 0 %	-10 %	-24 %	-26 %
Geforce GTX 1070	+ 123 %	+ 73 %	+ 59 %	+ 46 %	+ 20 %	+ 14 %	+ 5 %	-6 %	-20 %	-22 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 143 %	+ 88 %	+ 74 %	+ 59 %	+ 31 %	+ 24 %	+ 15 %	+ 3 %	-13 %	-15 %
Geforce GTX 1660	+ 179 %	+ 116 %	+ 99 %	+ 82 %	+ 50 %	+ 43 %	+ 32 %	+ 18 %	± 0 %	-2 %
Radeon RX 590/8G	+ 185 %	+ 121 %	+ 104 %	+ 86 %	+ 53 %	+ 46 %	+ 35 %	+ 20 %	+ 2 %	± 0 %
Radeon R9 Fury X	+ 201 %	+ 133 %	+ 115 %	+ 97 %	+ 61 %	+ 54 %	+ 42 %	+ 27 %	+ 8 %	+ 6 %
Radeon RX 580/8G	+ 210 %	+ 140 %	+ 121 %	+ 103 %	+ 66 %	+ 58 %	+ 46 %	+ 31 %	+ 11 %	+ 9 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 217 %	+ 145 %	+ 126 %	+ 107 %	+ 70 %	+ 62 %	+ 49 %	+ 34 %	+ 14 %	+ 11 %
Geforce GTX 980	+ 229 %	+ 155 %	+ 135 %	+ 115 %	+ 76 %	+ 68 %	+ 55 %	+ 39 %	+ 18 %	+ 15 %
Radeon R9 390	+ 221 %	+ 149 %	+ 129 %	+ 110 %	+ 72 %	+ 64 %	+ 51 %	+ 36 %	+ 15 %	+ 13 %
Radeon R9 290X	+ 281 %	+ 195 %	+ 172 %	+ 149 %	+ 104 %	+ 95 %	+ 80 %	+ 61 %	+ 36 %	+ 34 %
Radeon RX 570/4G	+ 315 %	+ 221 %	+ 196 %	+ 171 %	+ 122 %	+ 112 %	+ 96 %	+ 75 %	+ 49 %	+ 45 %
Geforce GTX 970	+ 327 %	+ 231 %	+ 205 %	+ 179 %	+ 129 %	+ 118 %	+ 101 %	+ 80 %	+ 53 %	+ 50 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 366 %	+ 261 %	+ 233 %	+ 205 %	+ 150 %	+ 138 %	+ 120 %	+ 97 %	+ 67 %	+ 63 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 500 %	+ 365 %	+ 328 %	+ 292 %	+ 222 %	+ 207 %	+ 183 %	+ 153 %	+ 115 %	+ 110 %

Sapphire RX 570 Pulse 8GB

Wer Gutes will, aber nur ein geringes Budget hat, ist hier richtig. Eine Radeon RX 570 mit 8 GiByte ist ideal für Full-HD-Spieler.

Wir möchten Ihnen nichts vormachen – dafür schätzen Sie uns schließlich. Entscheiden Sie sich für eine Radeon RX 570, erhalten Sie weder topmoderne Technik noch eine sorgenfreie Performance in allen Spielen. Die Hardware-Basis der Karte (Polaris-GPU) stammt aus dem Jahr 2016 und war schon damals als Mittelklasse konzipiert. Nun, nach deftigen Preissenkungen, ist das Gesamtpaket für Full-HD-Spieler immer noch empfehlenswert, denn das Preis-Leistungs-Verhältnis ist unschlagbar. Wir raten in aller Deutlichkeit dazu, den geringen Aufpreis für 8 statt 4 GiByte Speicher zu investieren. Wer ein leises Modell sucht, zahlt meist etwas mehr als für die allerbilligsten Karten, hier jedoch nicht unbedingt – Sapphires Pulse wird der moderaten Abwärme/Energieaufnahme (~150 Watt) leise Herr. Absolute Sparfüchse greifen zum 4-GiByte-Modell um 115 Euro.

Bild: Sapphire

Zotac Geforce GTX 1660 AMP

Sie suchen eine Karte, die Effizienz, geringe Lautheit und ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis vereint? Die gibt es nun von Nvidia.

Lange Zeit regierte AMD den mittleren Preisbereich beinahe allein, die meisten Empfehlungen sprachen wir für eine entsprechende Radeon-Grafikkarte aus. Nun, nach dem Release der Geforce-GTX-16-Reihe, hat sich die Sachlage geändert. Ein Blick auf die Grafik zwei Seiten zuvor offenbart, dass eine GTX 1660 mit Referenztakt für 220 Euro ein starkes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet. Unsere Empfehlung ist genau so teuer, bietet aber eine milde werkseitige Übertaktung bei unverändertem Energiebudget (120 Watt TDP). In Sachen Effizienz wird ein Modell wie die Zotac GTX 1660 AMP nur von einer GTX 1660 Ti geschlagen. Eine vergleichbar schnelle Radeon RX 590 mit Werks-OC benötigt circa 100 Watt mehr Energie. Die AMD-Karte bietet jedoch 8 GiByte Speicher – ein Faktor, der sich gegenüber der stets mit 6 GiByte bestückten GTX 1660 manchmal auszahlt.

Bild: Zotac

Radeon RX Vega 56: Optionen

Fps, Fps über alles: Steht eine hohe Bildrate zum niedrigen Preis an erster Stelle, führt derzeit kein Weg an einer Vega 56 vorbei.

Als die Vega-Geschwister vor rund zwei Jahren debütierten, verfehlten sie zwar die hochgesteckten Hoffnungen vieler Spieler, erfreuen sich aber spätestens seit den Preissenkungen hoher Beliebtheit – speziell die „kleine" Radeon RX Vega 56. Leistungsmäßig zwischen GTX 1070 und GTX 1070 Ti angesiedelt und stets mit 8 GiByte Speicher bestückt, liefert die AMD-Karte genügend Power für Full HD und WQHD. Mittlerweile sind die ersten Modelle zwischen 230 und 250 Euro erhältlich und damit unschlagbar günstig, wobei hier nur Spar-Kühler geboten werden (etwa bei der MSI Air Boost, rechts im Bild). Wer's leise mag, sieht sich nach einer Asus ROG Strix um, allerdings werden hierfür bereits 300 Euro fällig. Auch das ist in Ordnung, wenngleich ab 340 Euro die Geforce RTX 2060 lockt. Diese ist laut PCGH-Einschätzung mit 6 GiByte etwas untermotorisiert.

Bild: MSI

Gigabyte RTX 2060 Gaming OC Pro

Sie möchten in die neue Welt des Raytracings hineinschnuppern, ohne ein Vermögen auszugeben? Dann lesen Sie weiter!

Auf der Habenseite der RTX 2060 steht topmoderne Technik mit allen Features, die der Spieler und Multimedia-Konsument von heute braucht. Dazu zählt auch die Fertigkeit, in den ersten Anwendungen Raytracing zu nutzen. Eine RTX 2060 ist der günstigste Weg, die neuartigen Effekte mit spielbaren Bildraten zu begutachten. „Spielbar" ist ein ähnlich dehnbarer Begriff wie „Zukunftssicherheit" – Letztere ist bei der RTX 2060 eingeschränkt. Wer höchstens in der WQHD-Auflösung spielt und ohnehin einmal im Jahr die Grafikkarte aufrüstet, wird womöglich Freude haben. Hilfreich dabei ist die hohe Effizienz, welche leise Kühldesigns erlaubt, wie das der Gigabyte Gaming OC Pro. Wer seinen Pixelkünstler länger nutzen und dabei stets alle Details aktivieren möchte, muss aufgrund der nur 6 GiByte Speicherkapazität jedoch schon jetzt Abstriche machen.

Asus RTX 2070 ROG Strix O8G

Die RTX 2070 tritt in die großen Fußstapfen der GTX 1070 – mit Erfolg. Es handelt sich um die insgesamt attraktivste Turing-Karte.

Schaut man sich die Preisentwicklung der Nvidia-Oberklasse an, wird das folgende Muster offensichtlich: Mit jeder Generation schlagen die Kalifornier 100 Euro auf ihr 70er-Referenzmodell obendrauf. Doch die Partner haben Möglichkeiten, ihre Designs günstiger anzubieten, im Falle der RTX 2070 beginnt das Preisspektrum bei rund 450 Euro. Das ist zweifellos eine hohe Summe, doch die RTX 2070 ist zu diesem Kurs fraglos das attraktivste Turing-Modell. Wie schon die GTX 1070 weist die Karte keine „Sollbruchstelle" auf (wie beispielsweise einen unterdimensionierten Speicher), sondern punktet mit hoher Leistung und Effizienz. Raytracing ist mit einer RTX 2070 bis inklusive WQHD nutzbar, darüber hinaus wird's ruckelig. Wer ein möglichst leises Modell mit hohem Takt sucht, muss deutlich mehr als 500 Euro ausgeben, etwa für die starke Asus ROG Strix OC.

MSI RTX 2080 Ti Lightning Z

Sie wünschen sich die Leistung der Titan RTX, aber deutlich günstiger? Das tun wir alle. 1.500 Euro kostet die Alternative.

2.700 Euro werden für Nvidias Speerspitze fällig. Die Titan RTX protzt mit dem Turing-Vollausbau nebst 24 GiByte GDDR6-Speicher. Das ist zweifelsohne begehrenswert, doch die wenigsten Enthusiasten investieren derartige Summen in eine Grafikkarte. Tatsächlich hält der Markt Alternativen bereit, welche für deutlich weniger Geld die Leistung des Titanen erreichen – allerdings ohne dessen Speicherkapazität, es werden „nur" 11 GiByte geboten. Die insgesamt mächtigste Grafikkarte dieser Art stammt aus dem Hause MSI und hört auf den Namen RTX 2080 Ti Lightning Z. Die Ingenieure betreiben einen riesigen Aufwand hinsichtlich Bauteilen und Kühlung, um die hohe werkseitige Übertaktung leise zu garantieren. Unterm Strich erreicht die Lightning Z daher eine höhere Leistung als die Titan RTX (bei ~350 statt ~290 Watt) und agiert dabei leiser.

Bild: pixabay

Schneller Speicher

Zum Glück sind die Zeiten vorbei, in denen der Preis für Flashspeicher direkt proportional zum Bitcoin zu steigen schien. Der Preis pro Gigabyte sinkt wieder und man darf beherzt zur SSD greifen.

Die schnelle Solid State Disk, kurz SSD, hat längst die Magnetfestplatte als Heim für die Windows-Installation abgelöst. Ihr Geschwindigkeitsvorteil beim Booten oder Programmstart ist deutlich spürbar. Der alte Backstein im 3,5-Zoll-Format dient bestenfalls als „Datengrab" – zum Lagern von vielen nicht geschwindigkeitskritischen Daten. Aber selbst diese Funktion macht die SSD ihm streitig, da Flashspeicher immer günstiger werden. Außerdem wuchs die SSD-Kapazität in Dimensionen, die es erlaubt, umfangreiche Video-Bibliotheken beherbergen zu können. Viele Modelle sind bereits in einer 1-TByte-Version verfügbar – und auch einige SSDs mit Kapazitäten mit zwei oder gar vier Terabyte sind mittlerweile auf dem Markt. Warum die gute alte Magnetplatte noch nicht ein Relikt vergangener Zeiten ist, liegt daran, dass der Preis einer SSD direkt proportional zur Kapazität steigt – im Gegenteil zur HDD, bei der das Gigabyte pro Euro am günstigsten bei hohen Kapazitäten ist. Auch beim Datenmaximum ist die 3,5-Zoll-Festplatte noch immer vorn: Bei SSDs ist bei 4 TByte Schluss, eine HDD aber fasst bis zu 14 TByte an Daten.

Zum Datengrab verdammt

Die Magnetplatten halten also an ihrer Nische als voluminöser Speicher fest, wo es allein auf die Kapazität ankommt. Deswegen und weil es kaum Neuerscheinungen unter den HDDs gibt, widmen wir ihnen hier nicht mehr eine eigene Kategorie und beschränken uns auf SATA- und PCI-Express-SSDs, wo sich stets einiges tut. Die HDD-Entwicklung liegt zwar nicht brach. Die Leistung und auch die Stromeffizienz verbessert sich jährlich in homöopathischen Dosen. Diese sind jedoch weder spürbar noch für den Privatanwender interessant. Filtern Sie getrost Preisvergleiche nach Preis oder Preis pro Kapazität und wählen Sie ruhig eines der günstigsten Modelle. Oftmals sind externe Festplatten auch günstiger als interne, weil sie in höheren Stückzahlen produziert werden. In vielen Spielerechnern wohnt auch keine Magnetfestplatte mehr, da die externe Anbindung per USB einfach praktischer ist.

Externe SSDs: Zu teuer

Genauso wie die (internen) HDDs fristen externe SSDs ein Nischendasein. Auch hier gibt es kaum Neuerscheinungen und nur wenige Modelle, weil der Preis im Vergleich zur externen HDD einfach zu hoch ist. Außerdem kommen externe SSDs nicht über die USB-3.0-Geschwindigkeit hinaus, selbst wenn sie mit den schnelleren Schnittstellen USB 3.1 (Gen. 2) oder Thunderbolt 3 angebunden sind. Die einzige Ausnahme ist die ziemlich teure Sandisk Extreme 900, die schon zwei Jahre auf dem Markt ist. Es gibt also nur wenige Anwendungsfälle, in denen sich externe SSDs lohnen. Meist sind es professionelle Bild- oder Videobearbeitung, wo man schnell große Datenmengen hin und her kopieren muss. Privatanwender sind aber fast immer mit anderen Datenträgern besser bedient. Zwischen USB-Sticks und externen HDDs ist die Nische einfach zu dünn. Daher greifen Sie zu diesen beiden. Wer

Bild: Kingston

Insgesamt 75 LEDs sitzen auf der Platine der Kingston Hyperx Fury RGB SSD. Mit 12-Volt-Anschluss wird sie bis zu 70 Grad warm.

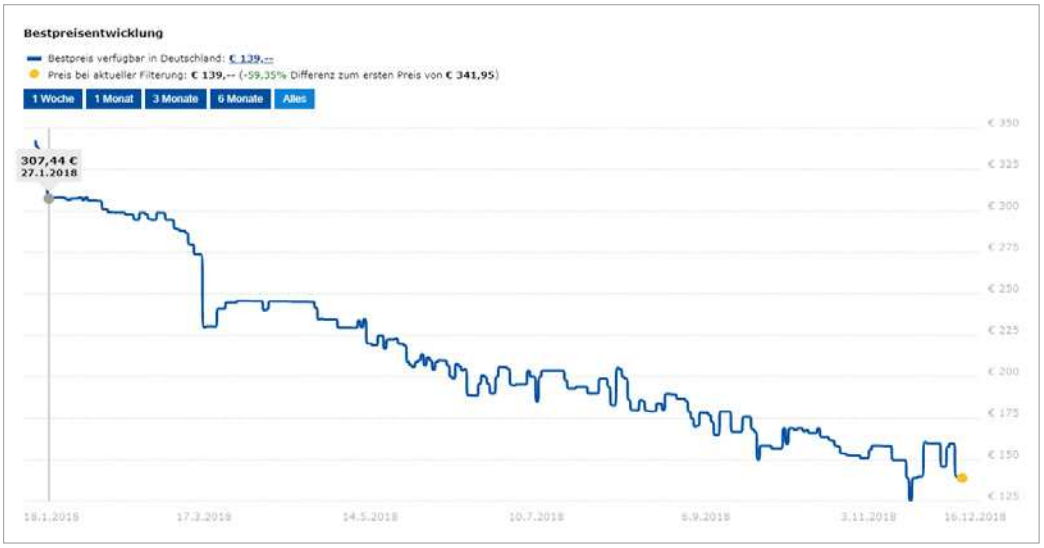
Bild: Teamgroup

Überall LEDs im PC, nun auch die SSDs: Die Teamgroup T-Force Delta RGB SSD leuchtet in mehreren Farben gleichzeitig.

jetzt aufrüsten möchte, steigt nicht unbedingt von der HDD auf die SSD um, eher vom SATA-Modell im 2,5-Zoll-Format auf die schnellere PCIe-SSD mit aktuellem NVME-Protokoll. Fast alle aktuellen Mainboards haben einen M.2-Sockel, der PCI Express 3.0 x4 bietet. Manche haben einen weiteren, der auch SATA-Modelle im M.2-Format unterstützt. Damit die PCIe-SSD nicht im falschen M.2-Slot landet, hilft ein Blick ins Mainboard-Handbuch. Bei manchen Sockeln handelt es sich um Kombibuchsen, die sowohl SATA als auch PCI-Express bieten. Schon technisch bedingt sind die PCIe-Modelle deutlich schneller als die SATA-Pendants. Das macht sich aber nicht immer in der Praxis bemerkbar. Die hohen MB/s-Angaben der sequenziellen Lese- und Schreibwerte sehen im Datenblatt zwar schön aus, sie haben aber kaum Aussagekraft für die Praxisleistung.

Welchen Sinn ergibt die SSD-Kühlung?

Der Geschwindigkeitsrausch der NVMe-SSDs hat seinen Preis: So manches Modell wird selbst im Leerlauf gerne bis zu 60 Grad warm. Unter konstanter Volllast mit synthetischen Benchmarks – und nur da – steigt die Temperatur rapide an, sodass die Leistung thermisch bedingt gedrosselt wird. Das klingt dramatischer, als es ist. Denn erstens sind bis zum Leistungseinbruch bereits etliche Gigabytes geschrieben oder gelesen und zweitens kommt ein derartiges Datenschaufeln in der Praxis kaum vor. Daher beeinflusst weder eine passive noch eine aktive SSD-Kühlung die Praxisleistung des Speichers. Es gibt andere Gründe dafür – und sei es nur der, daran zu glauben, dass die Lebensdauer mit niedrigeren Temperaturen erhöht wird. Manch einer wird nervös, wenn die wassergekühlte und übertaktete CPU unter Volllast die 30-Grad-Marke übersteigt. PC-Hardware ist also nicht unbedingt immer logisch. Wir haben in Ausgabe 08/2017 drei SSD-Kühler getestet: ein einfaches Blech mit Wärmeleitpad, das manchem Mainboard beiliegt, einen passiven M.2-Kühler, der mit Clips am Modul befestigt wird, und einen PCI-Express-Adapter mitsamt „vollverkleideter" Passivkühlung. Die Kosten belaufen sich auf circa 10 bis 25 Euro – je nach Version.



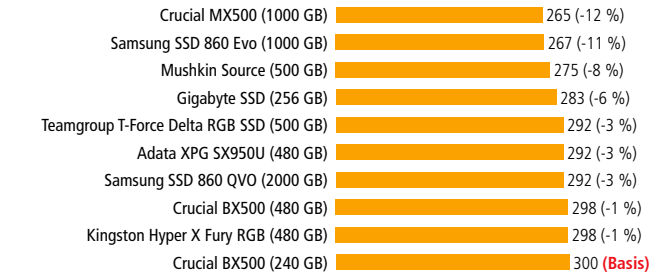
Innerhalb nicht mal eines Jahres hat sich der Preis einer Samsung SSD 860 Evo bei 1 TB Kapazität halbiert.

SATA-SSDs: Gut und günstig

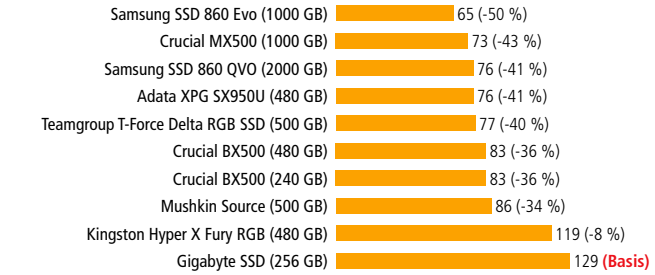
Von Preis-Kapriolen abgesehen, tut sich wenig in der Kategorie der SATA-SSDs. Sie haben die Leistungsgrenze in Lese- und Schreibwerten um die 550 MB/s längst erreicht. Weil die höhere Liga der PCI-E-SSD noch vergleichsweise teuer und noch nicht jeder mit entsprechendem M.2-Port gesegnet ist, kommen nur wenig neue Modelle auf den Markt. Bei den SATA-SSDs dominiert Samsung den Markt, hier mit der 860 Evo, die ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet, und mit der 860 Pro, die mit guter Leistung und Haltbarkeit bzw. Garantie die Bestnote unseres Testsystems erobert hat. Dafür kostet sie auch fast das Doppelte eines günstigen Modells. Außerdem hat Samsung leider die Garantiedauer auf die standardmäßigen fünf Jahre gekürzt – beim Vorgänger waren es noch zehn Jahre, die den Preis hauptsächlich rechtfertigten. Die 860 Evo hat zudem direkte Konkurrenz von der Crucial MX500, die nahezu identisch ausgestattet ist und die sich mit dem Marktführer stets um die Preis-Leistungs-Führerschaft streitet – je nach aktuellem Straßenpreis. Der Zuschlag für die PCI-Express-Königsklasse ist zwar etwas geschmolzen, ist aber noch immer vorhanden: Im Preis pro Gigabyte kostet so ein Modell ungefähr noch um die Hälfte mehr. Eine Samsung SSD 970 Evo oder auch Intel 760p mit 1 TB schwankt im Preis um die 190 Euro, während eine Samsung SSD 860 Evo oder eine Crucial MX500 circa 110 bis 125 Euro kostet. In den Praxis-Benchmarks vergleichen wir gerne die PCI-Express-SSD Samsung 970 Evo mit beliebten SATA-Modellen. Während sie die SATA-SSDs in synthetischen Benchmarks um ein Vielfaches überholt, ist der Unterschied in Ladezeiten von Spielen oder Stapelverarbeitungen von Anwendungen nicht mehr ganz so riesig. Bestenfalls im Kopiertest mit großen Datenmengen ist noch ein deutlicher Unterschied festzustellen. Für die meisten Privatanwender, wozu auch Gamer zählen, haben SATA-SSDs daher aktuell noch immer das bessere Preis-Leistungs-Verhältnis. Nicht nur die Leistung zählt, manch ein günstiges Modell spart etwa an der Garantiedauer (drei statt fünf Jahre) oder am DRAM-Cache, der die Lebensdauer der SSD etwas erhöht. Der DRAM-Cache etwa ist der Unterschied zwischen den beiden Crucial-Modellen BX500 und MX500. Die BX500 ohne Cache ist nur wenige Euro günstiger, daher empfehlen wir sie nur für schreibarme Office-Rechner oder wenn es auf jeden Cent ankommt. Für den Gamer wie für den ambitionierten Power-User empfehlen wir stets, die paar Euro mehr in den DRAM-Cache und die fünf Jahre Garantie zu investieren. Übrigens: Viele populäre SATA-Modelle (MX500, 860 Evo) gibt es auch im praktischen M.2-Formfaktor, sodass man hier zwei Kabel im Gehäuse spart.

Praxisleistung der SATA-SSDs

Skalierung von 2.500 Bildern



Kopiertest, 10 GiB, 50.000 Dateien

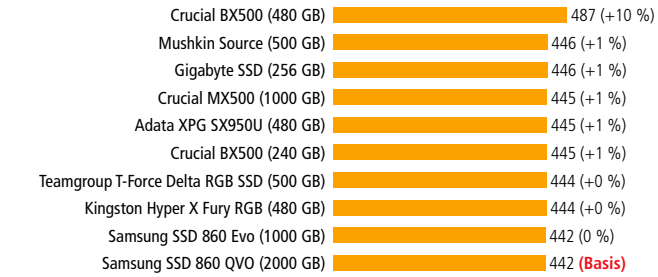


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Größere SSDs sind aufgrund mehrerer Anbindungen zum Controller oft etwas schneller beim Kopieren.

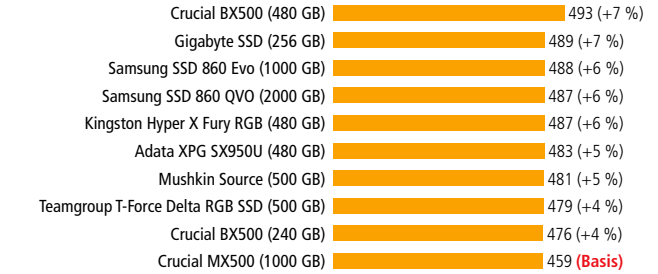
Sekunden
◀ Besser

SATA-SSDs: Synthetische „Bis zu"-Leistung

Sequenzielle Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Sequenzielle Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Kaum Unterschiede in der theoretischen Spitzenleistung

MB/s
▶ Besser

Crucial MX500 (1 TB)

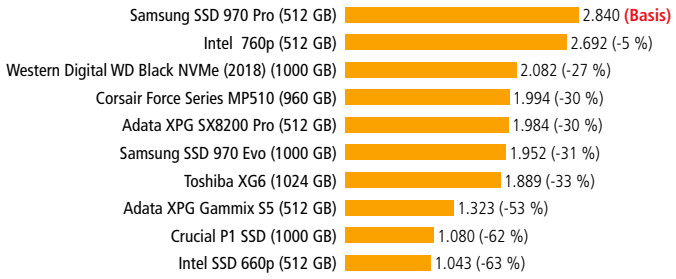
Samsung SSD 860 QVO (2 TB)

NVMe-SSDs: Nonplusultra per PCI-Express 3.0

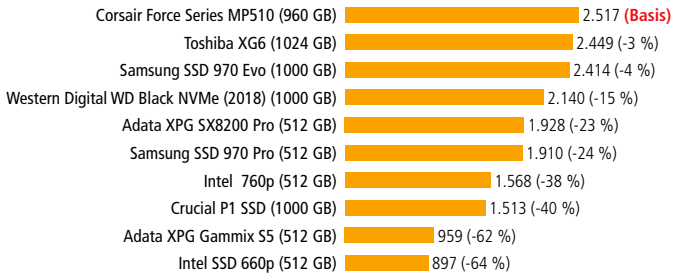
Die fallenden SSD-Preise geben Grund zur Freude: Der Preisanstieg aufgrund der Flash-Knappheit ist überwunden und die Tendenz geht wieder konstant nach unten. Letztes Jahr um diese Zeit haben die NAND-Flash-Hersteller ihre Produktion vom planaren 2D-NAND auf 3D-NAND umgestellt, der mittlerweile ausschließlich in neuen Modellen vorkommt. Dabei werden die Zellen auf den Chip vertikal gestapelt, weswegen der Marktführer Samsung diese Variante auch V-NAND (Vertical NAND) nennt. Das Prinzip ist jedoch stets gleich, egal ob V- oder 3D-NAND: Mit der Zellenstapelung ist eine höhere Dichte auf dem Chip möglich, die weniger beim 2,5-Zoll-Formfaktor, sondern vielmehr bei den kleinen M.2-Platinen relevant ist. Letztere haben sich bei den hier getesteten PCI-Express-Modellen durchgesetzt. Noch immer erscheinen aber einige Hochleistungsmodelle ausschließlich im Steckkartenformat wie etwa eine Intel Optane 900P oder eine Corsair Neutron NX500, die über einen passiven Kühlkörper verfügen, der aber nur scheinbar Sinn ergibt. Denn die meiste Zeit verbringt die SSD im Ruhezustand, in dem sie ohnehin nicht warm wird. Die wohl interessantesten Neuerscheinungen unter den NVME-SSDs sind die 970er-Modelle von Samsung. Mit der 960 Pro hat der Marktführer vor eineinhalb Jahren die Spitzenposition unter den Consumer-SSDs besetzt und mit der 960 Evo die Preis-Leistungs-Führerschaft für sich beansprucht. Andere Modelle hatten es schwer, sich zwischen den beiden zu positionieren. Doch die Konkurrenz hatte nun Zeit, am Monopol zu rütteln. Der Markt wäre nun also nicht mehr ganz so einfarbig, hätte Samsung nicht Ende April letzten Jahres mit den 970ern nachgelegt. Mittlerweile hat auch die 970 Evo (Plus) gute Konkurrenz bekommen. Die Intel SSD 760p etwa oder die neuen Modelle mit schnellem Phison-E12-Controller, allen voran die Corsair MP510, die auch im Preis ziemlich gut abschneidet und daher die Preis-Leistungs-Führerschaft innehat. Mittlerweile gibt es aber eine Reihe an Alternativen zum ehemaligen Platzhirsch namens Samsung 970 Evo, die sich von diesem nur in Nuancen im Preis oder hinsichtlich der Leistung unterscheiden. Der HDD-Hersteller Western Digital beispielsweise aktualisiert seine PCI-E-Modelle, die WD Black SSD, ebenso regelmäßig mit aktuellem Flash-Speicher. Oder Crucial: Lange Zeit nur mit SATA-Modellen auf dem Markt, gibt es nun mit der P1 mittlerweile die erste NVMe-SSD der Marke, die gleichzeitig die erste NVMe-SSD mit neuem QLC-Flash ist. Mit vier statt drei Bit pro Zelle steigt die Speicherdichte, was die SSD insgesamt etwas günstiger, wenn auch nicht schneller, werden lässt. Auch die Modelle vom Underdog Adata sind nicht schlecht, nur ist aktuell das Preis-Leistungs-Verhältnis noch nicht konkurrenzfähig.

PCI-E-SSDs: Synthetische „Bis zu"-Leistung

Sequenzielle Leseleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten



Sequenzielle Schreibleistung (AS SSD 2.0) komprimierte Daten

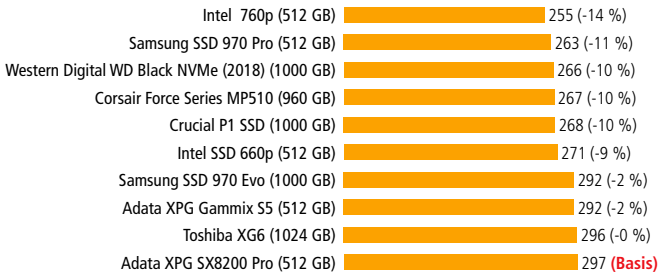


System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Samsung hat ordentlich Konkurrenz bekommen und ist nicht mehr überall an der Spitze.

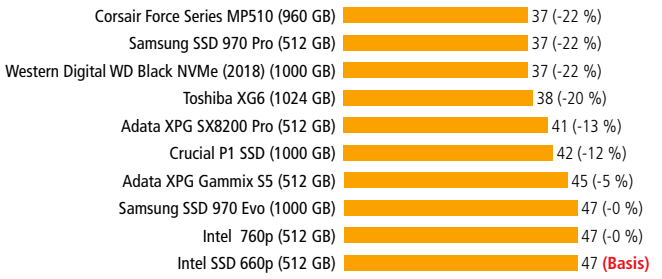
MB/s
▶ Besser

Praxisleistung der PCI-E-SSDs

Skalierung von 2.500 Bildern



Kopiertest, 10 GiB, 50.000 Dateien



System: Intel Core i7-6700K @ 4 GHz, Gigabyte GA-Z270X Gaming G9, Windows 10 x64 1809 **Bemerkungen:** Corsair hat Samsung im Kopieren vom Thron gestoßen und tritt in Konkurrenz zur Samsung SSD 970 Evo und zur Intel SSD 760p.

Sekunden
◀ Besser

Corsair Force MP510 (960 GB)

Adata XPG SX8200 Pro (512 GB)

Kühlung für Prozessoren

Moderne CPUs sind effizient. Aber die Effizienz beschreibt nur das Verhältnis aus Rechen- und Verlustleistung. Unter Volldampf muss trotzdem ordentlich Wärme abgeführt werden – wir verraten, womit.

Im CPU-Teil dieses Sonderheftes haben wir ausführlich die Rechenkünste aktueller CPUs beschrieben. Ein Detail wurde dabei aber als selbstverständlich vorausgesetzt: Der Prozessor muss auf Betriebstemperatur gehalten werden. Überhitzt er, wird die Rechenleistung rabiat gedrosselt, die Arbeitsfrequenz irgendwann sogar unter den Basistakt gesenkt, um Schäden vorzubeugen. Aber nicht nur „zu hohe", auch „hohe" CPU-Temperaturen können bereits Leistung kosten, denn die maximalen Turbo-Taktstufen werden nur genutzt, wenn Wärme- und Stromverbrauchsbudget Reserven aufweisen. Letzteres profitiert dabei ebenfalls von einer guten Kühlung, denn die Leistungsaufnahme von Silizium-Chips sinkt geringfügig mit der Temperatur.

Masse ist Klasse

Für die Wärmeabfuhr respektive für einen kühlen Prozessor ist natürlich der CPU-Kühler verantwortlich. Doch dieser zeichnet sich nicht allein durch Kühlleistung aus: Mit einem hinreichend starken Lüfter lassen sich zwar auch extrem große Wärmemengen preisgünstig abführen, trotzdem möchte kaum jemand derartige Produkte kaufen. Denn bewegte Luft macht immer auch Geräusche, viel Luft entsprechend mehr, und schnell rotierende Lüfterblätter sind akustisch ebenfalls sehr auffällig. Ein guter Kühler sollte die entstehende Wärme vielmehr mit möglichst wenig Luftbewegung, also möglichst leise abführen. Dazu braucht es neben einem ruhigen Lüfter vor allem einen geschickt designten, möglichst großen Kühlkörper.

Größe ist hierbei gleichbedeutend mit Lamellenoberfläche – und auf dieser wird die Hitze letztlich an die Umgebungsluft abgegeben. Je weitläufiger sich die Wärme dabei verteilt, desto weniger Luftbewegung ist nötig. Allerdings setzen nicht nur Gehäusebreite und die oberhalb der Grafikkarte verfügbare Grundfläche den Kühlerabmessungen Grenzen, auch das Budget ist selten unbegrenzt.

Der angemessene Kühler

Wie unsere Empfehlungen zeigen, bekommt man aber bereits für unter 25 Euro gute Retail-CPU-Kühler. Nur in absoluten Low-End-Systemen spart der Verzicht darauf noch nennenswert Geld – wer ohnehin nur einen kleinen, sparsamen Vierkerner nutzt, ist mit dem (AMD-)Boxed-Kühler meist auch ausreichend bedient. „Mehr als ausreichend" dominiert dagegen das andere Ende der Preisklasse: Große Doppel-Turmkühler oder gar Kompaktwasserkühlungen rentieren sich in der Regel nur, wenn man Enthusiast-Prozessoren übertakten oder eine extrem niedrige Lautheit erreichen möchte.

Für letztere braucht es nicht nur einen guten Kühlkörper und eine manuelle Einstellung für die Lüftersteuerung, sondern auch qualitativ angemessene Lüfter. Hochleistungsturbinen mit über 2.000 U/min Maximaldrehzahl verfügen fast immer über robuste, bei niedrigen Drehzahlen heraushörbare Lager und Antriebe, aber quasi nie über eine Lüfterblattgeometrie, die im Silent-Bereich noch effizient Luft bewegt.

Be Quiet Dark Rock Pro 4

Lüfter vom Silent-Spezialisten und ein großer Kühlkörper – der Dark Rock Pro 4 verspricht viel und hält dieses Versprechen auch.

Allgemein ist der schwarz beschichtete, etwas kratzempfindliche Dark Rock Pro 4 ein typischer Be-Quiet-Kühler: Nicht der günstigste, aber sicherlich einer der haptisch hochwertigsten seiner Klasse. Das eigentliche Highlight sind aber die Lüfter. Zwar verfügt der 120-mm-Ventilator am Dark Rock Pro 4 nicht über den aufwendig entkoppelten Rahmen der einzeln verkauften Silent Wings 3 und das mittige Exemplar ist mit 135 mm Durchmesser, 22 m Dicke und abweichendem Antrieb sogar eine Spezialkonstruktion. Beide bieten aber Be Quiets bewährte Aerodynamik. Dem Dark Rock Pro 4 verhilft sie zu einem hervorragenden Wert in unserer 1.0-Sone-Messung (49,8 °C) – und das ist nicht einmal der Sweetspot des relativ leise abgestimmten Riesen-Kühlers (maximal 1,4 Sone, ergeben 48,5 °C). Dieser skaliert auch mit gedrosselter Lüfterdrehzahl noch sehr gut, kann sein Potenzial also in Silent-Systemen umsetzen – solange diese genug Platz bieten.

Thermalright Le Grand Macho RT

Auch mit je einem Lüfter und Lamellenturm lässt sich High-End-Kühlleistung erreichen – Letzterer muss nur groß genug sein.

Was erhält man, wenn man die Lücke in der Mitte eines Dual-Tower-Kühlers mit noch mehr Lamellen auffüllt? Einen Le Grand Macho RT. Dieser entspricht in Höhe, Tiefe und Gewicht dem Dark Rock Pro 4 und ist sogar 14 mm breiter, dank der asymmetrischen Bauweise bleiben aber glücklicherweise 5 mm mehr Abstand zur Grafikkarte als die nackten Zahlen erwarten lassen. Ebenfalls viel Abstand gibt es zwischen den Lamellen; Thermalright verzichtet auf einige Lagen, um den Luftwiderstand des Kühlkörpers gering zu halten. Das kostet Leistung bei hohen Lüfterdrehzahlen, dafür erzielen auch schwache Lüfter einen ausreichend starken Luftstrom – „ausreichend" für eine 1,0-Sone-Temperatur (und Maximalleistung) von 50,1 °C. Auf je 75 Prozent gedrosselt, liegen zwischen Le Grand Macho und Dark Rock Pro 4 nur noch 0,8 Kelvin – mit 0,4 zu 0,2 Sone ist Ersterer aber gerade einmal halb so laut und noch weiter unten, im Ultra-Silent-Bereich, ungeschlagen.

EKL Alpenföhn Brocken 3

Hübsches Topcover, guter 140-mm-Lüfter, tiefer Kühlkörper – und ein akzeptables Preisschild: Fertig ist unsere Allround-Empfehlung.

Auch der beste Luftkühler kühlt nicht unter Raumtemperatur – was mit einem High-End-Modell kalt bleibt, wird mit einem Monsterkühler nur noch wenige (Zehntel-)Kelvin kälter. EKLs Brocken 3 beispielsweise ist ähnlich wie der Grand Macho abgestimmt, aber zwei Zentimeter kürzer, ein halbes Pfund leichter und 25 Prozent billiger. Selbst auf unserer 150-Watt-Test-CPU erzielt er aber immer noch 52,5 °C bei 1,0 Sone – bei 95-Watt-Sockel-AM4- und -1151-Prozessoren wäre der Abstand noch kleiner, auch wenn die Absoluttemperatur je nach CPU-Modell und Ausleseverfahren gegebenenfalls allgemein anders ausfällt. Drosselt man den Brocken 3 (eine dank des leisen Lagers bis in den Ultra-Silent-Bereich attraktive Möglichkeit), verliert er dank seines Macho-ähnlichen Aufbaus ebenfalls nur wenig Kühlleistung und schließt zu hochleistungsoptimierten Kühlern auf. Bei Montage respektive Halterung hat EKL ohnehin die Nase knapp vor der Konkurrenz.

Scythe Kotetsu Mark II

Hohe Effizienz ermöglicht auch bei begrenzter Maximalleistung gute Temperaturen – bei Scythe auch im kleinen Format.

Kühler einschließlich Lüfterklammern sind meist etwas breiter als der Rotordurchmesser nahelegt. Mit 139 mm Breite über alles passt der Kotetsu Mark II daher durchaus in Systeme, die für Kühler mit 140-mm-Lüfter zu eng wären, aber trotzdem fast-140-mm-Kühlleistung erhalten sollen. Mit maximal 0,9 Sone und 53,0 °C erreicht Scythe sogar einen Quasi-Gleichstand zum Brocken 3; im Schnitt über alle Drehzahlbereiche fallen Lautheit und Leistung nur einen Tick schlechter aus. Ebenfalls fast auf Augenhöhe ist die Optik: Auch den Kotetsu ziert ein Top-Cover, allerdings ohne dunkle Eloxierung. Deutlich höher als beim Mittelklassekonkurrenten ist – leider – die Anpresskraft beim Einsatz in Sockel-1151-Systemen: Mit 400 N balanciert Scythe messerscharf auf unserer Obergrenze für noch empfehlenswerte Kühler. EKL dagegen bleibt, vorbildlich wie immer, beim Brocken 3 mit 170 N bequem innerhalb der Intel-Spezifikationen (0 bis 222 N).

Cooler Master Hyper 212 Black Edition

Kleinste Unregelmäßigkeiten können aus „sehr gut" ein „gut" machen – aber letzteres ist noch lange nicht schlecht.

Sowohl beim Preis als auch in Aufbau und Größe ähnelt Cooler Masters 212 Black Edition eher den älteren 400er Modellen – gepaart mit einem der auch einzeln beliebten Silencio-Lüftern, die selbst bei hohen Drehzahlen vergleichsweise leise bleiben. Lohn der Mühe sind 53,2 °C bei 1,0 Sone und darüber hinausgehende maximale Kühlleistung für 51,6 °C bei im Gaming-Betrieb vollkommen akzeptablen 1,3 Sone. Mit einem weiteren Regelbereich, ähnlicher Leistung, hochwertiger Optik und einem niedrigeren Preis wäre der Hyper 212 BE somit eigentlich die bessere Empfehlung gegenüber Scythes Kotetsu – wären da nicht die angesprochenen Unregelmäßigkeiten: Mehrere Testmuster wiesen deutliche Resonsanzeffekte im Lüfter auf. Diese sorgen auf jeweils 50-U/min-schmalen Bereichen für eine deutlich erhöhte Lautheit. Mit einer sauber konfigurierten Lüftersteuerung kann man diese vermeiden, der Aufwand ist aber nicht jedermanns Sache.

Be Quiet Dark Rock Slim

Schlank, edel und nicht unbedingt billig – Be Quiet möchte eine Luxus-Alternative zur Mittelklasse anbieten.

Der Dark Rock Slim sucht seine Nische neben einem stark umkämpften Marktbereich: Mit nur 71 mm Tiefe baut er besonders schlank, sodass selbst in Quad-Channel-Enthusiast-Systemen hohe RAM-Module in allen Slots verwendet werden können, ohne dass Kompatibilitätsprobleme wie mit einigen unserer anderen Empfehlungen drohen. Allerdings prädestiniert die Kühlleistung den schmalen Be Quiet nicht unbedingt für Skylake-X-Übertakter. Mangels Lamellenoberfläche liegt die Effizienz des Dark Rock Slim hinter Brocken 3 und Scythe Kotetsu, ähnlich wie diese ist er mit einer maximalen Kühlleistung von 55,1 °C bei 0,8 Sone aber silent-fixiert und bietet nicht den erweiterten Regelbereich des (noch) ineffizienteren Hyper 212. Dafür aber präsentiert sich Be Quiets Lüfter gewohnt ultra-silent-tauglich; je niedriger die Drehzahl desto besser schneidet der Dark Rock Slim ab. Bei minimal 160 U/min (!) herrscht dann Stille – nur nicht auf heißen Skylake X.

Arctic Freezer 33 (und 34 für AMD)

Sparen, wo es nur geht – aber nicht da, wo es nicht geht: Arctics Freezer gelingt die Balance zwischen „günstig" und „billig".

Leise und ausreichend kühl – sonst nichts: Arctics Freezer 33 ist Minimalismus pur. Die auf Maß geschneiderte Verpackung enthält nicht einmal eine Anleitung (nur online), es werden lediglich drei Sockel unterstützt und Zubehör abseits eines Tütchens Wärmeleitpaste sucht man vergebens, angemesse Leistung aber nicht: Bei maximal 0,9 Sone reicht es immer noch für 53,5 °C, erst weiter unten wird der Rückstand auf die deutlich teurere Spitze größer. Mit 50 Prozent der Maximaldrehzahl und ähnlicher Lautheit liegt der Freezer 33 bereits 6 Kelvin hinter dem Brocken 3; 67,1 °C auf unserer 130-W-Test-CPU sind aber noch akzeptabel. Der Nachfolger Freezer 34 schneidet prinzipiell besser ab, seine Halterung zerkratzt aber Sockel-1151-Mainboards und quetscht die zugehörigen CPUs mit 510 N. Arctic möchte beide Probleme in künftigen Chargen mit Unterlegscheiben beheben, bis dahin empfehlen wir den Freezer 34 nur AMD-AM4-Nutzern.

EKL Alpenföhn Atlas

Doppelturmkühler passen nur in große Gehäuse? Von wegen: EKLs Atlas nutzt das High-End-Konzept erfolgreich für Mini-PCs.

Ein Dual-Tower mit edel dunkel vernickelter Optik, aufwendig geformten Lamellen, zwei Lüftern von angemessener Qualität und standesgemäßem Zubehör in einer Premium-Verpackung für 45 Euro? Wer jetzt Fehler im Kleingedruckten jagt, macht etwas falsch – mit einer Lupe sollte er eher den Kühler selbst suchen. EKLs Atlas erinnert an das hauseigene Flaggschiff Olymp, ist aber ein Zwerg in der 92-mm-Klasse. Sein Lamellenkörper misst gerade einmal 108 mm in der Breite und ist zusätzlich noch 8 mm in Richtung der Mainboard-Oberkante verschoben. Bei 124 mm Gesamthöhe passt er in jedes Gehäuse, das eine aufrecht stehende Grafikkarte aufnehmen kann. Die Kühlleistung fällt bei einem derartigen Miniatur-Monster natürlich auch kleiner aus. 60 °C bei maximal 1,0 Sone sind ein deutlicher Rückstand gegenüber billigeren 120-mm-Towern, reichen aber immer noch bequem für Oberklasse-Prozessoren aus. Selbst Übertaktung ist eingeschränkt möglich.

Kompaktwasserkühlungen

Wasserkühlungen unterscheiden sich deutlich von einer normalen CPU-Luftkühlung. Nicht so sehr in der Handhabung – vormontierte und -gefüllte „All in Ones" oder besser gesagt Kompaktwasserkühlungen erfordern nicht mehr Bastelei als ein Heatpipe-Kühler. Im Vergleich zu manchem übergroßen Tower-Monster ist der Einbau sogar einfacher, da die einzelnen Elemente handlicher sind.

Alle Wasserkühlungen zeichnen sich aber durch getrennte Wärmeaufnahme und -abgabe aus. Während die Kühlereinheit auf der CPU trotz geringer Größe sehr leistungsfähig ausfallen kann, erfolgt die performance-kritische Weitergabe der Hitze an die Umgebungsluft in einem Radiator, der dank flexibler Schläuche beliebig im Gehäuse platziert werden kann. So sind deutlich größere Lamellenoberflächen möglich als mit einer starren Heatpipe-Konstruktion, die auf das knappe Platzangebot unmittelbar über dem CPU-Sockel beschränkt ist. Nutzt man diesen Größenvorteil (und wirklich nur dann) haben (Kompakt-)Wasserkühlungen einen deutlichen Leistungsvorteil gegenüber Luftkühlern.

Ein Nachteil ist umgekehrt die Pumpe als zusätzliche Geräuschquelle. Insbesondere Kompaktwasserkühlungen platzieren sie unentkoppelt auf der CPU und damit dem Mainboard – ein exzellenter Resonanzkörper für Vibrationen. Das Kühlleistungspotenzial lässt sich somit gut zum Übertakten und für Enthusiast-CPUs nutzen, aber nur die wenigsten Kompaktwasserkühlungen sind auch silent-tauglich, denn die Pumpe läuft und lärmt natürlich auch bei geringer Systemlast. *(tv)*

Deepcool Castle 240 RGB (+ Lüfter)

Die perfekte Kompaktwasserkühlung gibt es (noch) nicht, aber mit alternativen Lüftern ist vieles möglich.

Kühlleistung super, Lautheit inakzeptabel – so lautet das Fazit in vielen unserer Kompaktwasserkühlungstests und der Grund sind immer viel zu starke Lüfter. Auch die Quirle der Castle 240 RGB fallen bei weitem nicht nur optisch auf, stark gedrosselt können sie (im Gegensatz zu manchen High-Power-Konkurrenten) aber immerhin noch im Mittelfeld mitschwimmen (50 °C bei 1,0 Sone). Das wahre Highlight bei Deepcool ist aber die Pumpe, die selbst mit Mainboard-Resonanzen weit unter 0,1 Sone bleibt und somit für fast alle Anwender „unhörbar" sein sollte. Wer die Lüfter gegen ein paar hochwertige Retail-Modelle austauscht, erhält hier eine der wenigen ultra-silent-tauglichen Kompaktwasserkühlungen am Markt. So eine Kombination ist natürlich etwas teurer, schlägt aber auch die besten Heatpipe-Luftkühler in quasi jedem Aspekt.

Cooler Master Master Liquid 240

Kühl, ansehnlich, günstig – Cooler Masters Master Liquid ragt nicht hervor, macht aber vieles ein bisschen besser.

Mit maximal 3,9 Sone (ergeben 45,2 °C) ist die Master Liquid 240 eine typische, also eher laute Kompaktwasserkühlung und ihre minimal auf 700 U/min herunterregelbaren, Master-Fan-Pro-ähnlichen Ventilatoren leiden, ebenfalls wie viele Konkurrenzprodukte, unter mangelnder Silent-Tauglichkeit. Selbst die Cooler-Master-Pumpe ist gemäß Kompaktwasserkühlungsklischee hörbar. Warum wir die Master Liquid 240 dennoch empfehlen? Mit freistehend 0,1 Sone (auf Mainboards mehr) ist die Pumpe objektiv noch akzeptabel, aus einem gedämmten Gehäuse dringt ihr helles Surren kaum nach draußen, die Lüfter sind schon bei 1.000 U/min mit 0,4 Sone relativ leise und 48,4 °C bei 1,0 Sone schafft kaum eine andere (in der Größe vergleichbare) Kompaktwasserkühlung, geschweige denn ein Luftkühler – schon gar nicht für knapp 80 Euro. Wer viel Leistung braucht, ist hier also genau richtig.

Mehr als nur kühlen: RGB liegt im Trend

Kühllösungen führen nicht nur Wärme ab, sondern sitzen auch optisch prominent mitten im System. Dementsprechend wichtig sind sie für den Look eines Case-Mods, dessen Beleuchtung wiederum seit jeher gerne auf Lüfter übertragen wird, von denen insbesondere Kompaktwasserkühlungen meist mehrere haben. Was liegt also näher als reichlich RGB-LEDs in besagten Lüftern, bevorzugt einzeln adressierbar, um mehrere Farben gleichzeitig zu nutzen? Weitere Leuchtmittel und oft auch eine (USB-)Steuerung für das gesamte System ziehen zunehmend in die CPU-Kühler-Pumpeneinheiten ein – wie das aussehen kann, demonstriert Enermax' Aquafusion 240 (rechts und im Aufmacher), die sich außerdem durch ungewöhnlich geformte Lüfterrahmen abhebt. Zur Kühlleistung trägt der Zierrat natürlich nichts bei – im Gegenteil, dicke LED-Lüfterrahmen können sogar Rotorfläche kosten. Aber als echter RGB-Fan kompensiert man das notfalls mit einem größeren Radiator, also weiteren Lüftern und somit noch mehr LEDs!

120- und 140-mm-Lüfter

Alle Komponenten gekauft? Zusammengebaut? Und der Rechner funktioniert auch? Glückwunsch! Damit das so bleibt, muss aber noch die ganze Abwärme aus dem Gehäuse geschaufelt werden.

Grafikkarten werden immer mit passendem Kühler verkauft, bei CPUs empfehlen wir bereits die getrennte Anschaffung eines Retail-Modells. Noch dürftiger fällt die Serienausstattung vieler Gehäuse aus – entweder liegen (zu) wenig oder qualitativ minderwertige Ventilatoren bei. Da nur einige wenige, meist schlecht gekühlte Grafikkarten sowie Kompaktwasserkühlungen die Komponentenabwärme direkt nach draußen schaufeln können, ist eine gute, bitte nicht zu laute Gehäuselüftung aber wichtiger Bestandteil eines jeden PCs. Die meisten Anwender werden daher über kurz oder lang zusätzliche Lüfter nachkaufen müssen – und selbst wer dank einer gut geplanten Wasserkühlung auf dedizierte Gehäuselüfter verzichten kann, muss es in aller Regel sogar über „kurz oder sehr kurz“: Wie unsere diesbezüglichen Empfehlungen zeigen, kriegt man ausgerechnet im teuersten (CPU-)Kühlersegment praktisch nie gute Lüfter mitgeliefert.

„Stark“ oder „gut“?

Aber was ist eigentlich ein „guter Lüfter“? Ähnlich wie bei allen anderen Kühlungslösungen gilt auch hier: Die Kühlleistung stellt nur die halbe Miete dar. Genauso wichtig ist die einhergehende Lautheit und gerade bei Lüftern gibt es riesige Unterschiede. Bei sonst gleichen Eigenschaften und gleichen Temperaturen kann ein schlechter Lüfter durchaus 20 bis 50 Prozent lauter arbeiten als ein Spitzenmodell. Alternativ kann letzteres bei gleicher Lautheit schneller drehen und damit besser kühlen. Aber Vorsicht: Die meisten Lüfter sind für einen bestimmten Drehzahl- und damit Lautheits- und Leistungsbereich optimiert. Gerade für hohe Spitzenleistungen konstruierte Power-Lüfter mögen bei hoher Lautheit Testsiege einheimsen, büßen bei starker Drosselung aber oft übermäßig viel Leistung ein oder fallen durch Nebengeräusche aus Lager und Antrieb auf.

Weniger ist nicht mehr

Eher unbedeutend ist dagegen die Balance zwischen Preis und Qualität von Lüftern, denn absolut betrachtet liegen zwischen Mittel- und Oberklasse-Modellen nur wenige Euro. Selbst wenn man sämtliche Gehäuselüfterpositionen und den CPU-Kühler neu bestückt, zahlt man für High-End-Lüfter weniger Aufpreis als für manch besonders gut gekühlte Custom-Grafikkarte – hier sollte niemand am falschen Ende sparen, weswegen wir bis auf wenige Ausnahmen keine Billig-Produkte empfehlen, auch wenn High-End-Produkte teilweise 500 Prozent teurer sind.

Trivial ist auch die Wahl der richtigen Lüftergröße. Mittlerweile werden fast nur noch 120- und 140-mm-Formate genutzt. Auch bei der Rahmenstärke weicht kaum ein Modell von den üblichen 25 mm ab – was bei Gehäuselüftern aber auch kein Problem darstellt. *(tv)*

Noctua NF-A12x25 PWM (120 mm)

Der aktuell am besten ausgestattete, (mit Abstand) teuerste und effizienteste 120-mm-Lüfter kommt aus dem Hause Noctua. Der NF-A12x25 PWM nimmt es, montiert auf einem Lüfteradapter, sogar mit vielen 140-mm-Lüftern auf, auch wenn aus diesem Gleichstand wegen Kosten, Handhabung und Aufwand natürlich keine Kaufempfehlung resultiert. Im 120-mm-Format, das aufgrund des kleineren Querschnitts normalerweise weniger Luft fördert oder lauter arbeiten muss als größere Lüfter, ist der NF-A12x25 dagegen in jeder Kategorie Spitzenreiter. Er hat einen extrem weiten Regelbereich, eine hohe Maximalleistung (PCGH-Test: 7,9 K bei 1,8 Sone) und selbst bei niedrigsten Drehzahlen keine Nebengeräusche. Dank des minimierten Abstandes zwischen Lüfterrahmen und Rotorblättern ist die Effizienz hierbei immer gut bis sehr gut (10,1 K bei 0,7 Sone) und ungeschlagen.

Noctua NF-F12 PWM (120 mm)

Der deutlich im Preis gefallene Vorgänger des NF-A12x25 hat eine konventionelle Aerodynamik, sodass er bei gleicher Leistung deutlich hörbarer arbeitet (bei maximaler Drehzahl 10,2 K und 1,5 Sone, gedrosselt 13,4 K und 0,4 Sone). Er verfügt aber über die gleiche, umfangreiche Ausstattung (u.a. Verlängerung, Drehzahladapter und Entkoppler) und vor allem über die gleiche Lager- und Antriebsqualität. Er lässt sich von 1.460 U/min auf 130 U/min herunterregeln (NF-A12x25: 2.110 U/min bis 230 U/min), ohne dass Nebengeräusche hörbar wären. So sind sowohl unhörbarer Ultra-Silent-Betrieb bei geringer Kühlleistung als auch sehr gute Temperaturen bei deutlicher, unter Kopfhörern aber nicht störender Geräuschkulisse möglich. Die Effizienz, also das Verhältnis aus Lautheit und Leistung, ist in allen Drehzahlbereichen aber nur Mittelmaß und jeweiligen Spezialisten unterlegen.

Noiseblocker Eloop B12-PS (120 mm)

Beim Noiseblocker Eloop schlägt die Spitze eines Lüfterblattes einen Bogen zum nachfolgenden. Diese von Vogelflügeln inspirierte Konstruktion verhindert laute Verwirbelungen an den Blattenden – weil es gar keine Enden mehr gibt. So ist der B12-PS durchgängig leiser als konventionelle Lüfter bei vergleichbarer Kühlleistung (max. 10,9 K bei 0,8 Sone), kühlt bei gleicher Lautheit besser (14,1 K bei 0,2 Sone) und zieht mit zwischen 0,1 und 0,5 Sone sogar mit dem deutlich teureren NF-A12x25 gleich – zumindest solange kein Hindernis den Weg versperrt. Vorverwirbelte Luft stört die hochoptimierte Aerodynamik dagegen. Ein Staubfilter 2 cm vor dem Lüfter beeinflusst den Klang bei voller Drehzahl hörbar, bei halbierter reichen 5 mm Abstand zum Hindernis, um Probleme zu vermeiden. Im blasenden Betrieb auf Kühlern oder zur Gehäuseentlüftung sind die Eloops dagegen jeden Cent wert.

Be Quiet Silent Wings 3 PWM (120 mm, auch 140 mm)

Die Silent Wings 2 gehörten lange zur Lüfter-Referenzklasse, am Nachfolger fällt vor allem der neu gestaltete Rahmen mit geweiteten Ecken zum Ansaugen zusätzlicher Luft auf. Außerdem lässt einem Be Quiet jetzt die Wahl zwischen weichen Gummientkopplern und durchgehenden Schraubtunneln, welche endlich eine bequeme Montage auf Radiatoren erlauben. Dank neuer Lüftergeometrie bieten die Silent Wings 3 bei gleicher Drehzahl auch mehr Durchsatz als ihre Vorgänger, ohne dabei deutlich lauter zu werden. Das Verhältnis aus Lautheit und Leistung gehört zu den besten am Markt (11,7 K bei 1,4 Sone, 14,4 K bei 0,1 Sone) und muss sich nur dem NF-A12x25 sowie den Eloops geschlagen geben – aber ohne die Empfindlichkeiten letzterer im saugenden Betrieb. Unterhalb von 0,2 Sone liegen Be Quiet und Noiseblocker sogar gleich auf. (Fortsetzung bei den 140-mm-Empfehlungen)

Arctic F12 PWM (120 mm)

1× 30 Euro, 3× 18 Euro und dann ein Sprung auf 5 Euro? Es ist nicht so, dass es gar keine Mittelklasse-120-mm-Lüfter gäbe. Aber Arctic macht es quasi unmöglich, diese zu empfehlen: Der F12 ist nicht nur unverschämt billig, seine alles andere als schlechte Leistung raubt teureren Konkurrenten auch die Existenzberechtigung. Bei voller Drehzahl agiert Arctics unspektakulärer Rotor sogar auf Augenhöhe mit manchem Premium-Produkt (10,0 K bei 1,4 Sone). Weiter unten ist die Kühlleistung der Lautheit angemessen (12,9 K bei 0,4 Sone), was schon mehreren Arctic-Kühlern zu PCGH-Awards verholfen hat. Das Zubehör des Retail-F12 erinnert aber ebenfalls an beigelegte Serienlüfter: Es gibt, abgesehen von vier Befestigungsschrauben, keins. Auch der Antrieb wurde leider 1:1 übernommen und fiept bei kritischen PWM-Steuerungen wie unserer ZM-FC3 vor sich hin, während er analog gesteuert leise zischelt.

Noiseblocker Eloop B14-PS (140 mm)

29 mm Dicke verschaffen den 14-cm-Eloops einen Vorteil, eigentliches Highlight bleibt aber erneut der Schlaufenrotor. Bei 100, 75 und 50 Prozent der jeweiligen Maximaldrehzahl bietet Noiseblocker eine ähnliche Geräuschkulisse wie der zweitplatzierte Noctua NF-A14 FLX, liefert aber jeweils ein bis zwei Kelvin bessere Temperaturen (8,8 K bei 1,1 Sone; 11 K bei 0,2 Sone) ab. Auch in der B-Note überzeugt der B14-PS: Mit einem PWM-Regelbereich von rund 75 Prozent wurde das knappe Drehzahlspektrum der 120-mm-Eloops bis in den Ultra-Silent-Bereich verlängert, zudem ist das 140-mm-Modell deutlich unempfindlicher gegenüber Hindernissen in der Luftzufuhr. Zusätzliche Brummgeräusche beobachten wir nur bei direkt aufliegenden Strukturen, bereits die Lüftervorkammer eines Radiators oder die Halterung vieler Gehäuse-Staubfilter sorgen für ausreichend Abstand.

Noctua NF-A14 FLX (140 mm, auch als PWM)

Optik-Features sucht man bei Noctua (abseits der gewöhnungsbedürftigen Farbgebung) vergeblich, der Fokus liegt auf Qualität und Ausstattung. Auch die riesige Verpackung des NF-A14 FLX enthält Verlängerungen, Entkoppler und Adapter. Die eigentlichen Stärken – und in dieser Hinsicht konkurrenzlos – sind aber erneut Lager und Antrieb. Egal wie weit wir den NF-A14 FLX unter Nutzung einer Lüftersteuerung mit Start-Boost drosseln: Auch bei minimaler Luftbewegung können wir keine Nebengeräusche heraushören. Obwohl das Verhältnis zwischen Förderleistung und Geräuschentwicklung „nur" gut ist (9,5 K bei 0,9 Sone; 12 K bei 0,2 Sone), stellt der NF-A14 deswegen die PCGH-Empfehlung für höchste Ultra-Silent-Ansprüche dar. Kein anderer 140-mm-Lüfter ist bei minimaler Drehzahl so nahe an „komplett unhörbar" dran – auch wenn ein Eloop bei „fast unhörbar" mehr Luft bewegt.

Silverstone SST-FQ141 (140 mm)

Nicht nur mit einem kryptischem Kürzel statt merkbarem Namen und dem durchaus auffälligen Design sticht unsere dritte 140-mm-Empfehlung hervor, sondern auch mit ihrem Alter. Tatsächlich haben wir den SST-FQ141 schon 2015 das erste Mal getestet und weitere Aufmerksamkeit wurde ihm seitdem kaum zu Teil. Der Grund zeichnet sich im damaligen Fazit ab: keine größeren Schwächen, sticht aber auch nirgendwo hervor. Mit 10,3 K bei 0,9 Sone respektive 12,9 K bei 0,2 Sone kommt Silverstone nicht an Noctua, Noiseblocker oder Be Quiet ran. Der Regelbereich von 460 bis 1.000 U/min ist auch nicht außergewöhnlich und leise, aber pfeifende Elektronikgeräusche trüben die Ultra-Silent-Tauglichkeit – der SST-FQ141 ist kein Premium-Lüfter. Aber ein in der Praxis oft vollkommen angemessenes Produkt, das im Laufe der Jahre von Noctua-Preisniveau auf faire 10 Euro gefallen ist.

Be Quiet Silent Wings 3 PWM (140 mm)

(Fortsetzung der 120-mm-Empfehlung) Be Quiet bietet die Silent Wings 3 in verschiedenen Drehzahlklassen und Größen an. Die 140-mm-Version hat dabei die gleichen Charakteristiken wie die 120-mm-Ausgabe: Gute Effizienz bei niedrigen Drehzahlen und konkurrenzfähige bei mittleren (11,7 K bei 0,3 Sone) – auch wenn die 140er Eloops respektive Noctuas 120-mm-x25 überlegen sind – treffen auf eine leise Abstimmung und einen fairen Preis. Leider aber auch, sowohl beim 120- wie beim 140-mm-Modell, auf einen zickigen Antrieb: Je nach Steuerung beobachten wir PWM-Fiepen (120er: 0,4 statt 0,1 Sone!), Drehzahlsprünge (1.400 U/min bei 100 Prozent, 950 U/min bei 98 Prozent PWM!) oder einen ruckigen Lauf bei unter 54 Prozent PWM (200 U/min). An Mainboards sind solche Ärgernisse aber selten und im Zweifelsfall lassen sie sich durch analoge Regelung über die Spannung ganz ausschließen.

Be Quiet Pure Wings 2 (140 mm)

Unterhalb der renommierten Silent-Wings-Reihe bietet Be Quiet zwei günstigere Lüfterserien an. Die Shadow Wings unterscheiden sich von den Spitzenmodellen im deutlich einfacheren Rahmen und fehlendem Zubehör, bei den Pure Wings kommt zusätzlich ein einfacheres Lager dazu (80.000 statt 300.000 Lebenserwartung laut Hersteller) und der Rahmen ist nur noch ein löchriges Gerüst. Das kostet Leistung bei hohen Drehzahlen (11,8 K bei maximal 0,5 Sone), denn der vom Rotor aufgebaute Druck kann ungenutzt nach vorne entweichen, wirkt sich in gedrosseltem Zustand aber weniger stark aus (15,6 K bei 0,1 Sone). Da Aerodynamik und der tadellose Antrieb der Silent Wings 2 übernommen wurden und das einfache Lager ähnlich leise läuft, sind die Pure Wings eine gute Budget-Lösung im Silent-Bereich. Insbesondere der zahlreiche Einsatz als leise, in der Summe auch starke Gehäuselüftung bietet sich an.

LC-POWER™
www.lc-power.com

CHERRY© MX-RED-Schalter

Anti-Ghosting & N-Key-Rollover

RGB

LC-KEY-MECH-1-RGB

Mechanische Gaming-Tastatur

Erleben Sie die mechanische Gaming-Tastatur LC-KEY-MECH-1-RGB aus dem Hause LC-Power!
LC-KEY-MECH-1-RGB bietet Ihnen die modernste Technik gepaart mit hochwertigen Materialien, die keine Wünsche offen lassen!

- CHERRY©-MX-RED-Schalter
- Anti-Ghosting & N-Key-Rollover
- Multimedia- & Makro-Tasten
- hochwertiges Aluminium-Top-Cover
- programmierbare RGB-Beleuchtung (16,8 Millionen Farben)
- inklusive Software zur präzisen Programmierung

LC-KEY-MECH-1-RGB - Entwickelt von Enthusiasten für Enthusiasten!

www.lc-power.com

LC-Power-Produkte u.a. erhältlich bei:

Amazon.de - Bora-Computer.de - Cyberport.de | .at - ebay.de - KMComputer.de - Mindfactory.de - Schwanthaler-Computer.de - Brack.ch - Steg-Electronics.ch

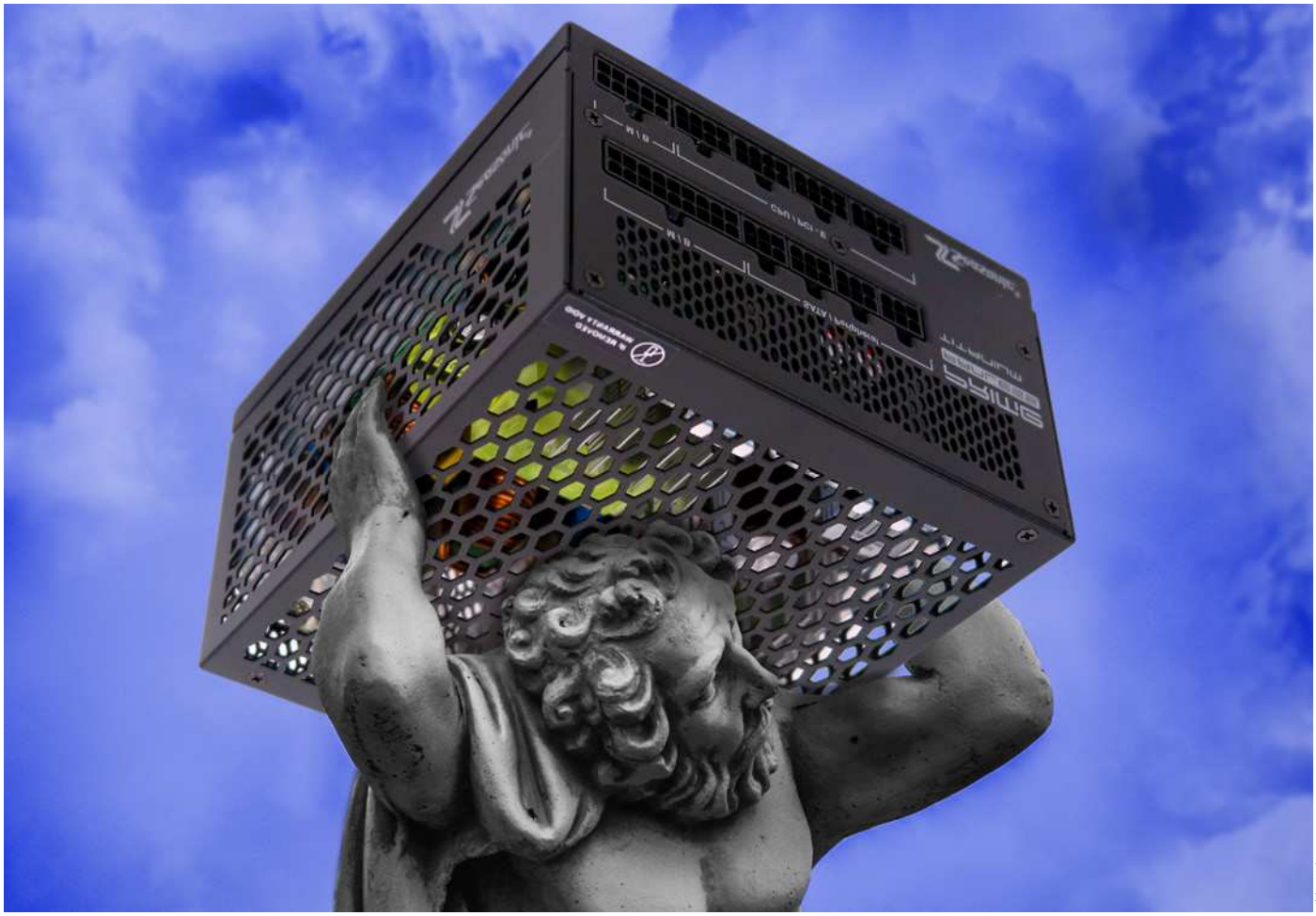


Bild: Pixabay

Unterschätzte Energie

Ohne Strom läuft der beste Rechner nicht und trotzdem wird an Netzteilen gespart. Wir zeigen Ihnen deshalb, worauf Sie beim Kauf achten sollten, und geben Ihnen einige Empfehlungen an die Hand.

Irgendwann müssen Sie sich beim Bau Ihres Gaming-Rechners Gedanken über die Stromversorgung machen. Netzteile werden in der Regel nicht so schnell ausgetauscht wie andere Hardware-Komponenten, weshalb Sie genauer hinschauen sollten. Günstig ist nicht immer gut. Auch wenn ein Netzteil nur Strom liefern muss, gibt es einige Parameter, die Sie beim Kauf im Auge behalten sollten. Zu guter Letzt bieten wir Ihnen noch ein paar Empfehlungen, bei denen Sie bedenkenlos zugreifen können.

Wie viel Watt braucht man?

So trivial wie simpel: Als Erstes müssen Sie ermitteln, wie viel Energiebedarf Ihr System hat. Diesen können Sie über die Herstellerangaben der einzelnen Komponenten errechnen. Sie können für eine grobe Einschätzung auch Online-Leistungsrechner nutzen, die viele Netzteilhersteller anbieten. Berechnen Sie zusätzlich zu Ihrem System noch einen kleinen Puffer von circa 10 Prozent ein, um so durstiger Hardware beim Aufrüsten zuvorzukommen. Eine weitere grobe Einordnung bekommen Sie anhand der doppelten Summe der TDP von Grafikkarte und Prozessor. Aber Vorsicht: Bei energiehungrigen Komponenten ist nicht nur die Gesamtleistung des Netzteils wichtig, sondern auch die Nominalleistung der einzelnen Schienen. Das bezieht sich besonders auf die 12-Volt-Schiene, die im Laufe der Zeit immer mehr Bedeutung innerhalb der Stromversorgung in einem ATX-Rechner bekommen hat.

Bei der Wahl Ihres Stromspenders sollte Ihr Rechner nicht die maximale Nominalleistung ausschöpfen, da die meisten Netzteile bei mittlerer Auslastung am effizientesten und saubersten arbeiten.

Als Orientierungshilfe können Sie für simple Bürorechner und stromsparende Multimedia-Player von 200 bis 300 Watt ausgehen, Spiele-Rechner mit Budget- oder Mittelklassekarten benötigen in der Regel um die 400 bis 500 Watt und für High-End-Gaming-PCs sollte man um die 600 Watt anpeilen. Übertakter legen da noch einen drauf, da kommt schon mal 1 kW zusammen. Wenn das Netzteil circa 10 Prozent des Rechners kostet, ist das ein gutes Verhältnis von Stromspender zu übriger Hardware.

Single- oder Multi-Rail?

Je nachdem wie die 12-Volt-Leitung in einem Netzteil realisiert wurde, muss sich der Käufer zwischen einem Single- oder Multi-Rail-Gerät entscheiden. In Multi-Rail-Netzteilen werden die einzelnen Leiterbahnen durch den sogenannten Überstromschutz (OCP) separat überwacht. Sobald auf einer Rail ein zu hoher Stromwert erreicht wird, schaltet sich das Netzteil aus Sicherheitsgründen ab. In einem Single-Rail-Gerät wird dagegen nicht jede Leiterbahn einzeln überwacht, sondern die gesamten stromspendenden Leitungen als Einheit betrachtet. Kommt es nun zu einem Kurzschluss in einem Bauteil oder auf der Leiterplatte selber, steigt der Strom auf der 12-Volt-Schiene des Single-Rail-Netzteils enorm an. Erst

dann kann die OCP einspringen und die Hardware vor noch größerer Belastung schützen. Der Wert zum Auslösen dieser Schutzschaltung ist aber durch den vergrößerten Verbraucher (alle Leiterbahnen) natürlicherweise höher als noch im Multi-Rail-Design. Vor allem bei leistungsstarken Netzteilen sollte deshalb auf ein Multi-Rail-Gerät gesetzt werden, außer Sie benötigen mehr als 600 Watt auf der 12-Volt-Schiene.

Ein Single-Rail-Netzteil der 350-Watt-Klasse ist daher mit einer vorgesehenen Belastung von unter 30 Ampere völlig unbedenklich. Erst ab der mittleren Watt-Klasse von mehr als 700 Watt sind Netzteile mit mehreren Schienen bezüglich der Sicherheit im Vorteil. Der Sicherheitsvorteil schwindet allerdings deutlich, wenn ein Bauteil über zwei oder gar drei +12-Volt-Schienen versorgt wird. Eine Grafikkarte könnte beispielsweise über den Slot Spannung aus +12V1 und über die PCIe-Stecker aus +12V3 und +12V4 erhalten. Sollte es dann auf der Karte zu einem Kurzschluss kommen, würde die gesamte Belastbarkeit aller drei Schienen zur Verfügung stehen – Multi-Rail-Vorteil dahin.

Effizienz spart bare Münze

In allen elektronischen Geräten geht Energie in Form von Abwärme verloren, so auch beim Wandlungsprozess von 230-Volt-Wechselspannung in computertaugliche 12-Volt-Gleichspannung. Je effizienter ein Netzteil arbeitet, desto weniger Wärme entsteht und desto weniger muss gekühlt werden. Ein Indiz, um Informationen zum Wirkungsgrad eines Spannungswandlers zu bekommen, ist das US-amerikanische 80-Plus-Zertifikat, welches auf allen Netzteilen prangt. In der niedrigsten Zertifizierung werden im europäischen 230-Volt-Stromnetz 85 Prozent Effizienz bei Halblast erreicht. Leistungsfähigere Spannungswandler werden anhand ihrer Effizienzwerte in Bronze (88 Prozent), Silber (90 Prozent), Gold (92 Prozent), Platinum (94 Prozent) und Titanium (96 Prozent) eingeteilt.

Verglichen mit der niedrigsten Effizienzklasse verpufft in einem Titanium-Netzteil weitaus weniger Energie als Wärme, sodass Sie hier bei einem Dauerbetrieb durchaus sparen. In einem Acht-Stunden-Volllast-Szenario pro Jahr können so circa 55 Euro (bei einem kWh-Preis von 30 Cent) gespart werden. Je länger Sie Ihren Rechner also unter Volllast betreiben, desto eher lohnt sich der Kauf einer hohen Effizienzklasse.

Nutzen Sie Ihr System dagegen als Bürorechner nur acht Stunden am Tag oder weniger, müssen Sie Ihren Rechner nicht unbedingt mit hocheffizienten Spannungswandlern bestücken. Für Multimedia-Rechner mit moderaten Mittelklasse-GPUs fahren Sie am besten mit einem Gold-Netzteil, die es schon ab 70 Euro zu kaufen gibt. Ein guter Richtwert für das Netzteil-Budget sollte der jährlich eingesparte Betrag sein: Achten Sie darauf, dass sich nach spätestens zwei Jahren Nutzung der Spannungswandler – verglichen mit der niedrigsten Zertifizierung – amortisiert hat.

Leise, bitte!

Wenn Sie auf einen komplett stillen PC angewiesen sind, beispielsweise für ein Ton-Studio, empfiehlt sich ein passiv gekühltes Netzteil. In der Regel werden hier hochwertige Baugruppen verbaut, da diese – wie bereits erwähnt – höheren Temperaturen und Belastungen ausgesetzt werden können. Das ist extrem wichtig, wenn es keine aktive Kühlung gibt, da sich durch die Verwendung von effizienteren Baugruppen die Abwärme in jedem Szenario kalkulierbar ist. Dadurch werden auch die elektrischen Eigengeräusche, etwa Spulenfiepen, am besten unterdrückt.

Ein besonderes Augenmerk sollten Sie bei aktiv gekühlten Spannungswandlern unbedingt auf die Lüfterkurve richten: Diese sollte im besten Fall anpassbar sein und im schlechtesten Fall erst bei 80 Prozent Last merklich hörbar werden. Eine sehr gute Alternative zu einem teuren passiv gekühlten Netzteil sind die semipassiven Vertreter. Diese laufen bis zu einem bestimmten Lastbereich, meist bis zu circa 25 Prozent, ohne aktive Kühlung der Baugruppen – ideal also für Idle-Zustände, Office-Arbeiten oder Ähnliches. Erst danach fängt der Kühlbetrieb an. Die Lautheit eines Netzteils ist auch maßgeblich von der Größe des verwendeten Lüfters abhängig: Je kleiner ein Rotor ist, desto lauter ist dieser. Setzen Sie in ruhigen Arbeitsbereichen dann lieber auf Spannungswandler mit mindestens 120-mm-Lüftern. Wichtig ist auch Ihre Entfernung zum Rechner, da die Intensität des Schalls im Quadrat von der Quelle abnimmt. Vielleicht erlaubt dies einen Kompromiss.

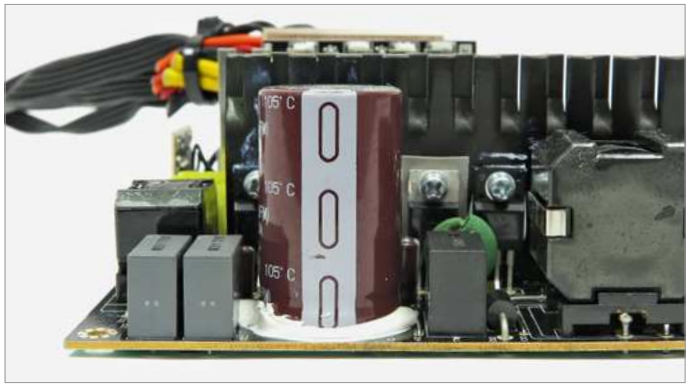
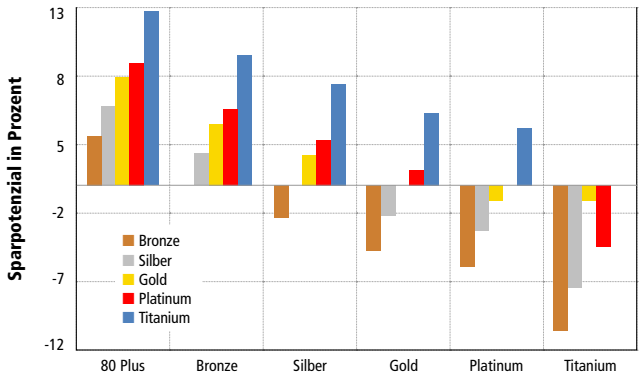


Bild: Eric Schrader, 2011, www.pcgh.de/cap

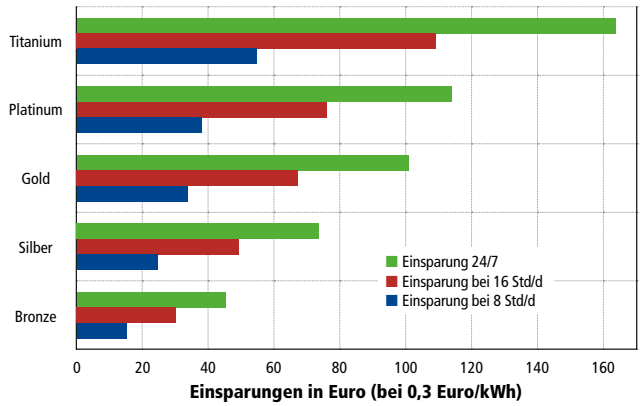
Oben ist ein Primärkondensator zu sehen, der mit seiner elektrischen Kapazität maßgeblich die Stützzeit beeinflusst. Unterschiedliche Kondensatoren (unteres Bild) filtern zudem die Restwelligkeit aus der Mischspannung und halten diese minimal.

Was bringt 80 Plus im Geldbeutel?

Welches Einsparpotenzial bieten die unterschiedlichen Effizienzlabels?



Wie viel kann man im Vergleich zum 80-Plus-Label sparen?



Seasonic Focus Plus Gold 1.000 Watt

Ein Kilowatt Leistung, moderne Ausstattung und angemessener Preis: Ideal für den Einstieg in Übertakter-Kreise und Enthusiasten-Sphären geeignet.

Die Focus-Serie bietet durch die Bank solide Leistung mit modernster Technologie für einen sehr guten Preis. Dank des vollmodularen Designs, der großzügigen Ausstattung und des Single-Rail-Designs mit 996 Watt auf der 12-Volt-Schiene können Sie mit diesem Netzteil sehr einfach Ihren Übertaktungsambitionen nachkommen. Geschützt sind Sie bei solchen Unterfangen durch eine Phalanx aus Schutzschaltungen (OPP, OVP, UVP, OCP, OTP, SCP), eine starke Ripple-Unterdrückung und eine Spannungsregulation, die sich auf höchstem Niveau befindet: strikt und sehr gut, auch in Crossload-Szenarien. Sie können sogar ein Multi-GPU-System, beispielsweise in einer Workstation im Videobereich, damit befeuern. Bis zu einer Last von 30 Prozent haben Sie zusätzlich einen passiven Kühlmodus, d. h., dass die aktive Kühlung erst ab 300 Watt Last anspringt. Abgerundet wird das Ganze durch einen Garantiezeitraum von zehn Jahren.

LC Power Metatron Prophecy RGB

Lichtspieler gibt es mittlerweile auch bei Netzteilen. Für ein Showcase sind solche RGB-Stromspender ideal geeignet.

Die Farbeinstellungen des 135-mm-RGB-Lüfters im LC Power Metatron Prophecy können über die Mainboardsoftware bedient werden, indem der adressierbare RGB-Anschluss mit einem dedizierten Port verbunden wird. Sollte das Mainboard nicht über einen RGB-Anschluss verfügen, können mittels eines Schalters auf der Rückseite des Netzteils unterschiedliche Lichteffekte ausgewählt werden. Dank der üblichen Schutzschaltungen müssen Sie sich auch keine Gedanken über etwaige Schäden machen, sollte es beispielsweise zu einem Kurzschluss in Ihrem System kommen. Das Netzteil verfügt über ein teilmodulares Free-Plug-Stecker-System, mit dem Sie sicher die Kabel anschließen können. Dank vier PCI-Express-Steckern können Sie auch einen Multi-GPU-Betrieb realisieren oder Sie kommen Ihren Übertaktungsambitionen nach, die 12-Volt-Leitung kann nämlich die gesamte Leistung auf dieser einen Schiene ausgeben.

Be Quiet Pure Power 11

Erst Ende letzten Jahres wurde das Netzteil neu aufgelegt und hat aktuelle Topologien spendiert bekommen. Ein Upgrade von Silber auf Gold ohne Preisanstieg.

Mit der neuen Gold-Zertifizierung und dem Topologie-Upgrade erreicht das Netzteil natürlich bessere Effizienzwerte. Zum Tragen kommen hier eine Klemmschaltung und spezielle Chips, die die Schaltverluste im sogenannten Zero-Voltage- beziehungsweise Zero-Current-Switching auf ein Minimum reduzieren. Außerdem macht der Spannungswandler seinem Namen alle Ehre, denn selbst bei voller Auslastung tönt das Netzteil nur mit 0,5 Sone, beim Vorgängermodell waren es noch 1,1 Sone. Bei Halblast ist das Netzteil mit 0,1 Sone nun wirklich gar nicht mehr zu hören und deshalb für jeden Silent-Fan empfehlenswert. Das Kerngeschäft eines Netzteils, die Spannungsregulation, erledigt dieser Stromspender gut und sehr strikt, auch in Crossload-Szenarien gibt es hier keine auffälligen Abweichungen von der Idealspannung. Ebenso zeigt sich der Umgang mit der Restwelligkeit, die durch ideal dimensionierte Glättkondensatoren sehr gering gehalten wird, sodass es keine Probleme diesbezüglich geben sollte.

PURE POWER 11

Außerordentlich leise, enorm zuverlässig, hochwertig

- 80 PLUS Gold Effizienz (von bis zu 92%)
- Geräuschoptimierter 120mm be quiet! Lüfter
- Modular: 400, 500, 600, 700W
- Non-Modular: 300, 350, 400, 500, 600, 700W

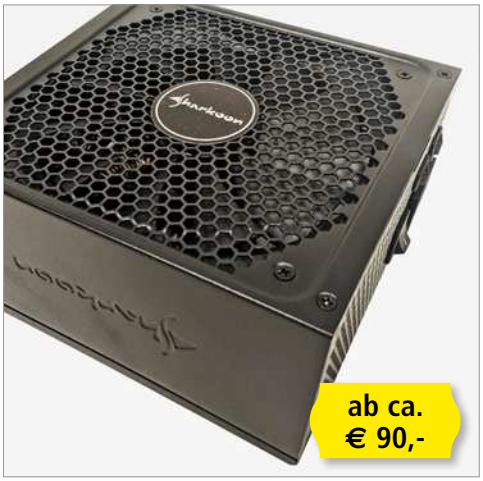
be quiet!®

Corsair AX850 Titanium

Vor acht Jahren brachte Corsair die High-End-Netzteilserie AX auf den Markt. Anfang des Jahres gab es dann eine Neuauflage mit verbesserter Effizienz.

Vor acht Jahren hatten die AX-Netzteile nur Gold-Effizienz, die dann wenig später um Vertreter mit einer Platinum-Zertifizierung erweitert wurden, haben die neuen Modelle der AX-Serie die höchste Zertifizierung der 80-Plus-Initiative bekommen: Titanium. Dadurch können Sie sich nicht nur sicher sein, einen sehr effizienten Spannungswandler erstanden zu haben, sondern Sie dürfen auch mit sehr hochwertigen Baugruppen rechnen und einer kalkulierbaren Abwärme. Dadurch kann das Netzteil bis zu einer Last von knapp 60 Prozent, sprich 510 Watt, im passiven Zero-RPM-Modus lautlos betrieben werden. In Sachen Spannungsregulation zeigt Corsair wieder beste Ergebnisse, Abweichungen von der Idealspannungen sowie Abfälle im Lastverlauf bis zu 100 Prozent Last sind marginal – hier leistet der Spannungswandler hervorragende Arbeit. Ebenso die Ripple-Unterdrückung: Auch diese fällt sehr gut aus. Das AX850 ist zwar mit gut 200 Euro recht teuer, aber ideal für den enthusiastischen Anspruch.

Sharkoon Silent Storm Cool Zero



Nach zwei Jahren Pause meldet sich der Hardware-Produzent aus Deutschland mit einem guten und modernen Mittelklasse-Netzteil zurück.

Neben der 80-Plus-Gold-Zertifizierung bewirbt der Produzent das Netzteil mit modernen Topologien, etwa der LLC-Resonanztechnologie oder der DC-DC-Spannungswandlung. Dadurch sind eine sehr strikte Spannungsregulation und ein verbesserter Wirkungsgrad möglich, der sich auch in einer geringeren Abwärme des Netzteils niederschlägt. Neben einem vollmodularen Kabeldesign gibt es noch zwei Besonderheiten: Zwei Kippschalter auf der Rückseite lassen einen semipassiven Modus und eine Kühlung nach dem Abschalten zu – das kann durchaus, je nach Einbau, Vorteile bringen. Bis 50 Prozent bleibt die Lautheit im Zero-Fan-Modus vernachlässigbar gering, da hier lediglich 0,1 Sone erreicht werden. Erst danach steigert sich die Geräuschkulisse auf 1,1 Sone und erreicht ab 520 Watt die maximale Lautheit von 2,2 Sone. Da diese Lautheit aber erst im oberen Drittel zu vernehmen ist, ist der Spannungswandler nicht optimal für stille Puristen geeignet. Insgesamt kann man bei dem 90 Euro teuren Netzteil aber von gute Mittelklasse sprechen, mit einigen Abzügen bei der Lautheit.

Seasonic Prime Fanless 600W

Wer es in einem High-End-Gaming-System silent haben will, kommt an dem Prime Fanless mit 600 Watt nicht vorbei.

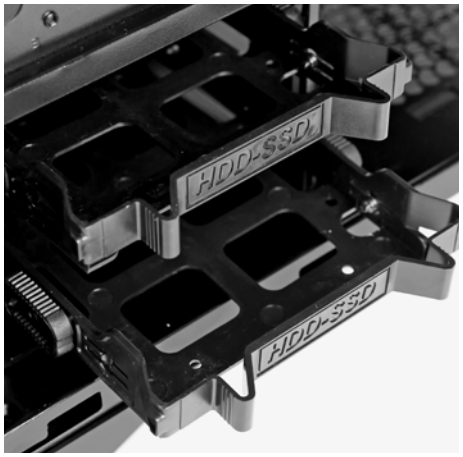
Mehr Leistung bekommt man aktuell nicht, wenn man sein System passiv gekühlt haben möchte. Hinzu kommt eine Titanium-Zertifizierung der 80-Plus-Initiative, welche Ihnen nicht nur sehr hohe Effizienzwerte beschert, sondern auch erstklassige Bauelemente. Darüber hinaus ist der Stromspender mit aktuellen Topologien wie einem LLC-Resonanzwandler oder einer Vollbrücke ausgestattet. Dank der guten und strikten Spannungsregulation kann das Netzteil selbst in Crossload-Situationen eine kontinuierliche und saubere Ausgabe der Spannungen garantieren. Die Ausstattung des Spannungswandlers kann auch die Ansprüche einer EPS-Plattform stillen und hält auch noch genügend Anschlüsse für SATA- und PATA-Geräte bereit. Neben allen gängigen Schutzschaltungen (OVP, UVP, OCP, OPP, OTP, SCP, SIC, NLO) zeigt das vollmodulare Netzteil eine sehr saubere Unterdrückung der Restwelligkeit. Der Ripple befindet sich selbst auf den Nebenspannungen in nicht erwähnenswerten Bereichen.

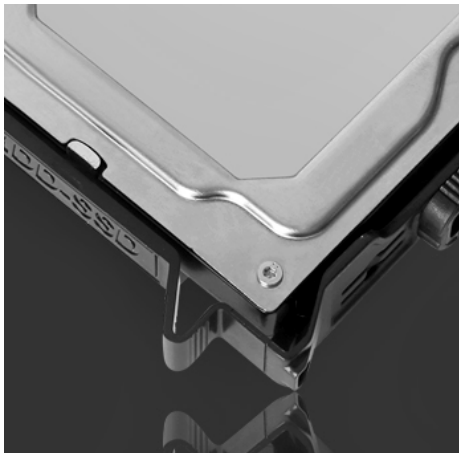
SILENT BASE 801

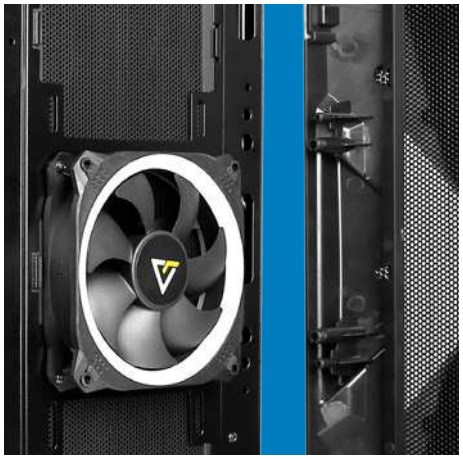
Exzellent leise und benutzerfreundlich

- Drei vorinstallierte Pure Wings 2 140mm PWM Lüfter
- Lüftersteuerung für bis zu sechs Lüfter mit PWM-Hub Option
- Unterstützt Radiatoren bis zu 420mm Länge
- Invertierbares Mainboard-Tray

be quiet!®







Ein Heim für Hardware

Die Wunsch-Hardware ist gewählt, fehlt nur noch der Einbau ins Gehäuse. Es stehen große und mittelgroße Modelle bereit, die optisch mit Glas und RGB-Licht sowie mit einer guten Kühlung auffallen.

Das Gehäuse ist ein spezielles Stück Hardware. Im Gegensatz zu allen anderen Komponenten, die zum Betrieb eines PCs notwendig sind, handelt es sich genau genommen um eine optionale, allerdings höchst sinnvolle Komponente. Ein gutes Gehäuse ist nicht bloß ein aus Stahl oder Alu bestehender oder mit Glaselementen verschönerter Aufbewahrungsort für ihre Hardware; sondern es dient auch der Kühlung, der Geräuschdämmung und – das wissen die meisten Anwender nicht – der Abschirmung vor elektromagnetischer Strahlung.

Wer also auf der Suche nach einem neuen Heim für seine Hardware ist, sollte sich im Vorfeld nicht nur Gedanken über die eigenen Präferenzen bezüglich der Ausmaße, der Ausstattung und des Design machen. Genauso wichtig wie die äußere Erscheinung ist auch das Kühlkonzept, sprich die Kühlleistung und die dabei entstehende Geräuschkulisse. Wir stellen Ihnen sechs empfehlenswerte Modelle vor, die eine gelungene Synthese aus Kühlung und Lautheit bieten.

Je größer, desto mehr Platz

Die Wahl des richtigen Hardware-Heims hängt primär vom geplanten Einsatzzweck respektive -ort ab. Ein Multimedia-PC für das Wohnzimmer(-regal) sollte aus Platzgründen nur über das Mini-ITX- eventuell Micro-ATX-Format verfügen. Spieletaugliche, leistungsstarke Komponenten sollten Sie im Midi- oder Big-Tower unterbringen. Hier ist das Innenraumvolumen gleich zweifach von Bedeutung. Einerseits gilt, desto mehr Platz vorhanden ist, desto länger können die GPU und das Netzteil, desto höher der Turmkühler und desto größer das Hauptplatinenformat (E-ATX/XL-ATX) ausfallen. Andererseits sind die Größe sowie das Design des Innenraums (getrennte Kammern für Platine, Netzteil, Laufwerke und offene Deckelkonstruktionen) verantwortlich für das Lüftungskonzept und die Kühlleistung. Große Hardware-Behausungen bieten nämlich reichlich Stauraum, beispielsweise für viele Lüfter oder Wasserkühlungsradiatoren, welche mitunter dreifach belüftet werden („Triple Radi“).

Aktuelle Ausstattungstrends

Während die Standards rund um Hardware-Abmessungen und TDP-Klassen seit Jahren unverändert sind, hat sich in puncto Optik und Ausstattung bei den Gehäusen in den letzten zwei Jahren eine Menge getan. Bei vielen Modellen verzichten die Hesteller auf 5,25-Zoll-Schächte, im Gegenzug verfügen vor allem die verglasten Modelle über die Möglichkeit, die GPU zu Präsentationszwecken hochkant einzubauen. Wollen Sie also optische Medien wie CD, DVD und Blu-ray weiterhin verwenden, können Sie unabhängig vom Format viele Gehäuse nicht mehr nutzen. Für die vertikale Montage der GPU benötigen Sie dagegen ein GPU-Riser-Kabel, das oft nicht zum Lieferumfang gehört. Ein weiterer Trend bei der Gehäuseausstattung sind per Controller oder Mainboard adressierbare RGB-Lüfter und bunte Leuchtleisten sowie Glasseitenteile, gläserne Türen oder gar eine Vollverglasung. Diese Features machen das Case zwar zum echten Hingucker, da die Leistung dadurch jedoch nicht beeinflusst wird, bleibt die Entscheidung für RGB-Lichttricks und Glaselemente reine Geschmackssache. *(fs)*

Sharkoon Pure Steel: Preiswertes Stahlgehäuse mit bunter Beleuchtung

Sharkoons für günstige 75 Euro erhältliches Case präsentiert sich mit einem invertierten Innenraum: Die Netzteilkammer hängt unterm Deckel und die drei RGB-Lüfter sind am Boden befestigt.

Die ungewöhnliche invertierte Innenraumgestaltung ist das auffälligste Ausstattungsmerkmal des fast kunststofffrei gefertigten Pure Steel. Damit so gut wie keine Abwärme vom Netzteil in den 47,3 Liter fassenden Innenraum dringen kann, ist die Kammer für den Stromgeber, in deren vorderem Teil sich zusätzlich eine Halterung für ein 3,5/2,5-Zoll-Speichermedium befindet, unter dem Deckel angebracht. Im Gegenzug sind beim Sharkoon Pure Steel die Lüfter am Boden montiert, die standardmäßig an der Front angeschraubt wären, um den laufwerksfreien Innenraum mit Frischluft zu versorgen. Wem die Lüfterbestückung ab Werk (3 × 120 mm/1 × 120 mm RGB [Boden/Heck]) nicht reicht, der kann zwei weitere 120-mm-Modelle oder einen 240-mm-Radiator an der Montageplatte neben den Kabeldurchlässen anbringen. Dazu muss jedoch die SSD-Halterung (2 × 2,5 Zoll) auf der Rückseite des Mainboard-Trays entfernt werden. Die vier mitgelieferten RGB-LED-Lüfter sowie die achtfache RGB-LED-Steuerungsplatine sind ein weiterer Ausstattungshöhepunkt. Die Beleuchtungskontrolle erfolgt entweder über ein Board mit 3-poligem Anschluss oder wird manuell geregelt. Es stehen 14 Beleuchtungsmodi bereit, die Sie mithilfe der Reset-Taste durchwechseln können. Ein Grafikkartenhalter, ein durchgängiger Staubfilter mit Zugmechanismus am Boden und ein verschiebbarer Hecklüfter runden die dem Preis angemessene Ausstattung ab.

Obwohl das Sharkoon kein Raumwunder ist, passen – bedingt durch das Innenraumdesign mit den fehlenden Frontlüftern und der langen Netzteilkammer – auch GPUs und Stromgeber mit bis zu 42,0 cm respektive 29,5 cm Länge in den preiswerten Midi-Tower. Die Kühlleistung fällt mit Temperaturen von 66,0 °C (CPU), 70,0 °C (GPU) und 29,4 °C ebenfalls gut aus. Die Lüfterlautheit von 1,7/1,9 Sone kann man bei einem Preis von 75 Euro verschmerzen und mithilfe von Drehzahlreduktion noch senken.

Chieftec Chieftronic G1: Gute und geräuscharme Kühlung zum Sparpreis

Das Chieftronic G1 ist das erste Gamer-Gehäuse des Chieftec-Premium-Labels. Der günstige Midi-Tower gibt mit seiner guten, geräuscharmen Ein-Lüfter-Kühlung einen gelungenen Einstand.

Bereits beim ersten Blick in den Innenraum des Chieftronic G1 fällt auf, dass dieser wie bei Sharkoons Pure Steel (siehe links) über ein invertiertes Layout verfügt. Die Netzteilkammer wandert auch hier unter den Deckel, während am Boden der Platz für drei 120-mm-Lüfter oder einen 360-mm-Radiator bereitsteht. Weitere Anbringungsmöglichkeiten für Lüfter oder Wärmetauscher finden Sie am Heck (1 × 140/120 mm) und an der Gehäusefront (2 × 140/120 mm oder 280/240-mm-Radiator), welche durch eine Abdeckung mit Staubschutz sowie zwei RGB-Lichtleisten verziert wird. Die RGB-LEDs der Frontbeleuchtung und des vormontierten ARGB-Hecklüfters werden mit einem Steuerungsmodul adressiert. Letzteres lässt sich mit der mitgelieferten Fernbedienung ansprechen und ist zusätzlich zu allen gängigen RGB-Steuersystemen der Platinenhersteller kompatibel (Asus Aura, Asrock RGB Sync, MSI Mystic Light Sync, Gigabyte RGB Fusion). Die Drehzahl der eingebauten Chieftec-ARGB-Lüfter können Sie leider nur mit der Fernbedienung verändern. Die Lüfter und der RGB-Kontroller besitzen nur einen RGB-5V-Stromanschluss, aber keinen Drei-/Vier-Pin-Stecker, sodass die Steuerung der Lüfterdrehzahl per PWM-Funktion der Platine entfällt. Hiervon abgesehen ist die Ausstattung des Midi-Towers aber ordentlich.

Auf der Rückseite des Mainboard-Trays und der Halterung im vorderen Teil der Netzteilkammer lassen sich insgesamt drei 3,5-Zoll-Laufwerke anschrauben, für SSDs stehen hier zwei entfernbare Halterungen bereit. Auffällig rot gefärbte Durchlässe und ein Führungssystem mit Kabelbindern erleichtern beim stressfreien Komponenteneinbau die Kabelverlegung und ein Staubfänger am Boden schützt die dort montierten Lüfter. Was uns überrascht, ist die mit 2,01 bewertete Kühlleistung des Solo-Hecklüfters. Wir messen 67,0 °C (CPU), 69,0 °C (GPU) und 31,5 °C im Innenraum und sind umso erstaunter, dass die Geräuschkulisse dabei bei geringen 1,0/1,1 Sone liegt.

Be quiet Silent Base 801: Bezahlbarer Midi-Tower mit leiser Kühlung

Von der fehlenden (RGB-)Beleuchtung abgesehen, lässt Be quiets Silent-Base-800-Nachfolger bei der Ausstattung keine Wünsche offen. Dazu kommt die gute, geräuscharme Kühlleistung.

Be quiets Silent-Base-800-Nachfolger bietet zwar keine RGB-Beleuchtung oder speziellen Extras, kann bei der Ausstattung aber trotzdem mit hochpreisigeren Gehäusen wie dem Phanteks Eclipse P6600S (siehe links) oder dem Corsair Carbide 678C weitestgehend mithalten. Der Innenraum, der laufwerksfrei bleiben oder mit fünf 3,5/2,5-Zoll-Käfigen bestückt werden kann, hält viel Platz für den Einbau der Lüfter/Radiatoren (Lüfterplätze: Deckel: 3 × 140/120 mm, Front: 3 × 140/120 mm, Heck: 1 × 140/120 mm, Netzteilabdeckung: 1 × 140/120 mm), der GPU (Maximallänge: 44,9 cm) und des Turmkühlers (Maximalhöhe: 18,5 cm) bereit. Im vorderen Bereich der Netzteilkammer, deren Abdeckung für die Montage eines 140/120-mm-Lüfters entfernbar ist, befindet sich ein weiterer Kombi-Käfig für je zwei 3,5- oder 2,5-Zoll-Laufwerke.

Für die gut bis sehr gute Ausstattungswertung von 1,31 sorgen zusätzlich eine Lüftersteuerungsplatine (dreistufig oder PWM), eine herausnehmbare Halterung für Lüfter/einen Radiator im Deckel, der per Knopfdruck bedienbare Schließmechanismus der Seitenteile, die Möglichkeit, die GPU hochkant sowie den Mainboard-Tray invertiert einzubauen, und eine Dämmung. Letztgenannte ist auf jeden Fall effektiv, denn es dringen lediglich 1,1/1,2 Sone aus dem noch gut kühlenden Gehäuse (CPU: 66 °C, GPU: 73 °C, Innenraum: 38 °C).

Phanteks Eclipse P600S: Viele Extras, gute Kühlung, effektiv gedämmt

Phanteks Großraumgehäuse macht nicht mit bunten Lüftern und LEDs oder Glaselementen auf sich aufmerksam. Es verdient sich seine Wertungsnote von 1,82 mit seiner leisen Kühlung.

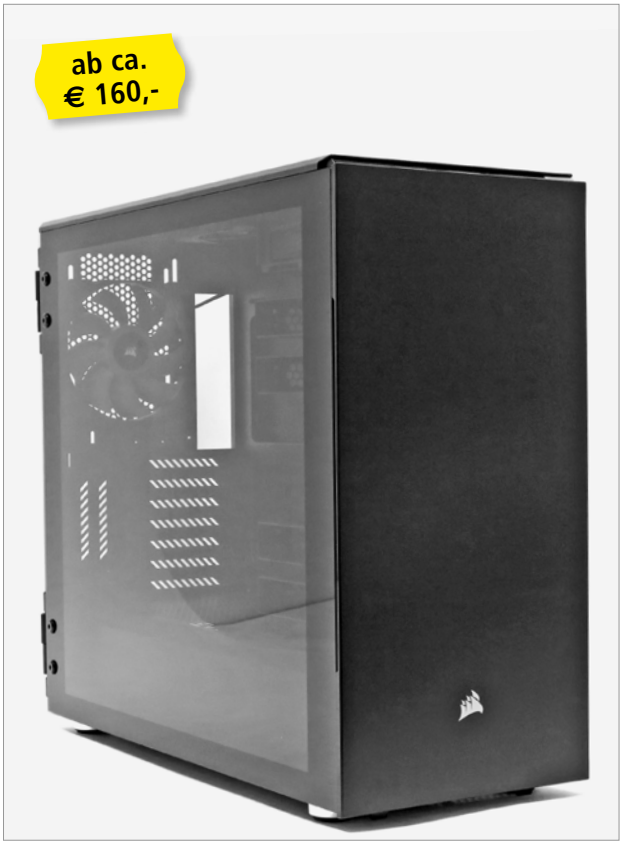
Der Blick auf die Ausstattungsliste macht klar, dass Phanteks einen großen und wertigen Midi-Tower anbietet, bei dem eine optimale Kühlung bei geringer Geräuschkulisse im Vordergrund steht. So sind die beiden Seitenteiltüren sowie der entfernbare innere Bereich der Frontabdeckung und der zur Verbesserung des Airflows herausnehmbare Teil des Deckels mit Dämmmaterial bestückt. Der Innenraum des Eclipse P600S kann laufwerksfrei bleiben. Die vier mitgelieferten 3,5/2,5-Zoll-Halterungen lassen sich z. B. als zwei Stapel im vorderen Bereich der staubgeschützten Netzteilkammer unterbringen. Für SSDs oder 2,5-Zoll-HDDs stehen drei einfach abnehmbare Befestigungsmöglichkeiten auf der Rückseite des Mainboard-Trays bereit. Das P600S, das Sie mithilfe eines optional erhältlichen Brackets mit einer weiteren Mini-ITX-Platine bestücken können, bietet auch sehr viele Montageplätze für Lüfter (Deckel: 2 × 140/3 × 120 mm, Front: 3 × 140/120 mm, Heck: 1 × 140/120 mm) oder Radiatoren. Zu den weiteren Ausstattungsextras gehören die Klappe zur Abdeckung der Frontanschlüsse, die Möglichkeit der vertikalen GPU-Montage, eine Lüftersteuerung per PWM-Hub, ein Kabelführungssystem mit Klettverschlüssen und Abdeckungen für fehlenden Laufwerkshalterungen. Während die Kühlleistung des Eclipse P600S durchschnittlich ist (CPU: 68 °C, GPU: 71 °C, Innenraum: 37,7 °C), beeindruckt die effktive Dämmung. Es dringen lediglich 0,9/0,9 Sone aus dem Innenraum.

Corsair Carbide 678C: Edles Gehäuse mit geringer Geräuschkulisse

Corsairs Carbide 678C punktet mit einem klassischen, geradlinigen Design inklusive gläserner Seitentür sowie einer dank Dämmung und PWM-Lüftersteuerung angenehm leisen Kühlung.

Von den fehlenden RGB-Lüftern oder Leuchtelementen abgesehen, fällt die Ausstattung des Midi-Towers sehr gut aus (Note: 1,24). Um die Hardware im zweigeteilten Innenraum zu kühlen, stehen viele Lüfter-Montageplätze bereit: Hinter der gedämmten und staubgeschützten Fronttür können Sie drei 120-mm-Lüfter befestigen. Unterhalb des im offenen Modus mit einem magnetischen Staubschutz versehenen Deckels lassen sich je drei 140-mm- oder 120-mm-Propeller anbringen. Dazu kommt der Montageplatz für zwei 140/120-mm-Lüfter am Boden vor der Netzteilkammer. Letzteres ist nur möglich, wenn der 3,5-Zoll-Laufwerkskäfig ausgebaut wird. Im Innenraum befinden sich vier weitere, einzeln demontierbare 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen. Wer die Platinenkammer laufwerksfrei halten will, findet auf der Rückseite des Mainboard-Trays eine entfernbare Halterung für drei 2,5-Zoll-HDDs/SSDs. Dazu kommen weitere Ausstattungsmerkmale wie der verschiebbare 140/120-mm-Hecklüfter, ein Kabelführungssystem mit Kabelbindern, der USB-3.1-Frontanschluss (Typ C), die Möglichkeit, die GPU hochkant einzubauen sowie eine PWM-Hub-Platine für bis zu sechs Lüfter. Mit Temperaturen von 66,0 °C (CPU), 72,0 °C (GPU) und 33,5 °C (Innenraum) befindet sich die Kühlleistung auf einem guten Niveau (Note: 2,09). Dabei sorgt die Dämmung dafür, dass die Lautheit mit 1,3/1,4 Sone nicht zu hoch ausfällt (Wertung: 2,63).

ab ca. € 160,-



Fractal Design Define S2 Vision RGB: Bunt beleuchteter Nachfolger

Mit den Define S2 Vision RGB erweitert Fractal Design die wegen ihres laufwerksfreien Innenraums beliebte Define-S-Serie um ein Modell mit einem gläsernen Äußeren und vier ARGB-Lüftern.

Von der Vollverglasung (beide Seitenteile, Front und Deckel) sowie der adressierbaren RGB-Beleuchtung abgesehen, findet man bei Define S2 Vision RGB alle Features, die beim Vorgänger Define S2 für eine sehr gute Ausstattungswertung gesorgt haben. Dazu gehören unter anderem die Moduvent-Deckelkonstruktion, bei der sich der geschlossene Glasdeckel einfach per Knopfdruck entfernen lässt, sowie die drei nicht austauschbaren 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkskäfige und die beiden entfernbaren 2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen auf der Rückseite des Mainboard-Trays. Die beim Define S2 Vision RGB jetzt durchgängige Oberseite der Netzteilkammer bietet Montageplätze für einen Ausgleichsbehälter oder drei 2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen. Das Innere der Netzteilkammer bleibt genauso frei von Laufwerken, wie der 55,8 Liter umfassende Innenraum, der einen sehr einfachen Hardware-Einbau garantiert. Die weitere Ausstattung umfasst ein Kabelführungssystem mit Klettverschlüssen, die Möglichkeit des vertikalen GPU-Einbaus, einen Staubfilter am Boden (Zugmechanismus) und an der Front (seitliche Einsätze), eine Lüftersteuerungsplatine sowie vier ARGB-Lüfter und eine RGB-LED-Leiste, die per Adjust R1 RGB Controller oder per Hauptplatine adressierbar sind. Das Lüfterquartett sorgt für eine gut bis sehr gute Kühlleistung (CPU: 61,0 °C, GPU: 68,0 °C, Innenraum: 37,0 °C), die Lautheit liegt aufgrund er fehlenden Dämmung bei 1,7/1,8 Sone.

ab ca. € 215,-

Bildschirm-Durchblick

Grafikkarten werden immer leistungsfähiger, Spielegrafik realistischer – doch nur mit dem richtigen Bildschirm können Sie von beidem profitieren. Wir stellen Ihnen attraktive Modelle vor.

Wie bei nahezu allen PC-Komponenten gibt es auch unter Monitoren ausgewiesene Gaming-Modelle. Gleich vorneweg: Das heißt nicht, dass diese für jeden PC-Gamer geeignet sind oder dass andere Monitore es nicht sind. Je nach Spielegenre unterscheiden sich auch die Ansprüche an das Display. Wer etwa schnelle Multiplayer-Shooter zockt, benötigt einen Monitor mit möglichst geringer Verzögerung zwischen Maus- und Cursorbewegung, dem sogenannten Input Lag. Technisch bedingt braucht ein Monitor einige Millisekunden, bis das Bild von der Grafikkarte auch an der Mattscheibe angezeigt wird. Der Hersteller gibt im Datenblatt des Monitors lediglich die sogenannte Reaktionszeit an. Das ist aber nur die Dauer, die ein Pixel für einen Farbwechsel benötigt. Und weil sich geringe Werte in Datenblättern schöner machen, lesen wir hier nur etwa 1 bis 5 ms. Aber Vorsicht: Das ist nur die minimale Reaktionszeit bei einem Wechsel von Hellgrau nach Dunkelgrau. In diesem Fall müssen sich die Flüssigkristalle nur wenig drehen. Andere Farbwechsel haben andere, teils weitaus höhere Reaktionszeiten. Diese Datenblattangabe ist daher nur ein grobes Indiz für die Reaktionszeit des Monitors, die immer nur ein Teil des gesamten Input Lags ist. Außerdem nützt die beste Reaktionszeit nichts, wenn ein Monitor mit einer standardmäßigen Bildwiederholrate von 60 Hz nur alle 16 ms ein anderes Bild liefert. Bei 144 Hz schaut er alle 7 ms nach, ob die Grafikkarte ein neues Bild berechnet hat. Die Frequenz sollte schon dreistellig sein, wenn der Monitor fürs Gaming angeschafft wird. WQHD ist als Auflösung noch immer der Mainstream.

UHD mit 144 Hz ist da

Im Januar 2017 wurden die ersten Panels mit UHD-Auflösung und 144 Hz angekündigt. Jetzt sind sie endlich auf den Markt gekommen. Lohnt es sich, von WQHD nun aufzurüsten? Ein klares Nein. Sie brauchen mehr Grafikleistung, sind sündhaft teuer und bieten für den Preis einen vergleichsweise geringen Mehrwert. Greifen Sie daher ruhig noch zu einem aktuell verfügbaren Monitor, der zur Leistung Ihrer Grafikkarte und zu Ihren Anwendungsansprüchen passt. Für Multiplayer-Shooter lohnen sich 240 Hz. Nur wenn Sie auf hochauflösende Bildqualität stehen, wäre die UHD-Auflösung oder das Ultrawide-Format etwas für Sie. Die Allzweckwaffe und unserer Meinung nach die goldene Mitte wäre ein WQHD-Monitor mit 27 Zoll und 144 Hz. Achja, da war ja noch das Buzzword HDR. Kurz gesagt: Vergessen Sie es. Das lohnt sich lediglich mit DisplayHDR 1000, welches es fast nur mit teurem G-Sync Ultimate gibt. Das 600er HDR ist nett, aber kaum vorhanden und das 400er HDR nur witzloses Marketing. Zudem fehlt es den meisten „HDR"-Monitoren am dimmbaren Hintergrundlicht. Wenn es doch vorhanden ist, dann nur in wenigen Zonen. Daher nochmal: Vergessen Sie einfach HDR für den PC. *(mc)*

Full HD: Für Einsteiger, aber auch E-Sportler

AOC C24G1

Hochfrequent, kontraststark und günstig: Der AOC24G1 bietet einen günstigen Einstieg ins 144-Hz-Gaming mit einem knackigen VA-Panel.

Der AOC C24G1 ist unsere Einsteiger-Empfehlung und stellt eine preisgünstigste Möglichkeit dar, 144 Hz und Freesync miteinander zu kombinieren. Während man in diesem Preisbereich nur farbschwache TN-Panels findet, verfügt der C24G1 über ein kontrastreiches VA-Panel. Trotz TN-typischen geringen Farbtiefe von 6 Bit mit FRC (Framerate Control) bietet der Monitor dank des VA-typischen niedrigen Schwarzwertes knackige Farben. Ambitionierte Bildbearbeiter finden hier zwar kein Geheimtipp, für's Budget-Gaming reicht die relativ gute Bildqualität aber allemal aus. Die zusätzliche VGA-Schnittstelle, vollständige Ergonomie mit Pivot und eine abnehmbare Kabelklaue am Standfuß sind gern gesehen Extras. In dieser Preisklasse spart AOC beim C24G1 an den USB-Anschlüssen und an einem komfortablen OSD-Menü. Während andere AOC-Monitore ein aufgeräumtes und schnelles Menü bekommen haben, darf man sich beim C24G1 durch das altbackene, zähe OSD quälen. Verschmerzbar aber, wenn man das gute Preis-Leistungsverhältnis bedenkt.

Dell Alienware AW2518H(F)

Wer schnelle Multiplayer-Shooter spielt, für den lohnen sich die hochfrequenten Modelle mit 240 Hz. Das Alienware-Modell ist nicht nur bezahlbar, sondern schnitt im Test auch insgesamt am besten ab.

Bei den beiden 24,5-Zöllern handelt es sich einmal um die G-Sync- und einmal um die Freesync-Version (mit „F" hinten am Namen). Beide sind äußerlich absolut identisch. Abgesehen davon, dass die dynamische Bildrate mit der G-Sync-Version nur mit einer Nvidia-GPU funktioniert, beginnt das Intervall beim G-Sync-Modell schon bei 30 Hz, beim Freesync-Gerät erst bei 48 Hz, jedoch mit LFC. Beide TN-Panels lösen mit Full HD auf – wie übrigens alle 240-Hz-Monitore. Aktuell existiert noch kein höher auflösender 240er. Mit durchschnittlich 2,3 (AW2518H) bzw. 2,7 ms (AW2518HF) können die beiden Monitore hervorragend kurze Reaktionszeiten vorweisen. Beide Monitore verfügen über ein standardmäßig aktives Overdrive, was für die niedrigen Schaltzeiten sorgt. Die Modelle konnten sich an die Spitze setzen, da auch andere Messwerte überzeugen: Die Farbabweichungen mit Delta-E-Werten unter 3 sind recht niedrig und der Kontrast von circa 1.000:1 ordentlich.

Samsung C24FG73

Der Samsung-Monitor ist schon ein paar Jahre auf dem Markt, hat aber nach wie vor das beste Preis-Leistungs-Verhältnis bei Full HD.

Konkurrenzlos erscheinen Samsungs Einstiegsmodelle unter den Gaming-Monitoren. Unter 300 Euro gibt es auch andere 24 Zoll große Full-HD-Modelle mit 144 Hz und auch andere mit VA-Panel und nativen 8 Bit, nicht jedoch beides zusammen – das hat nur Samsung. Der C24FG70 verfügt über das beste Preis-Leistungs-Verhältnis in dieser Preisklasse. Die Konkurrenz hat hier meist nur TN-Panels mit 6 Bit (& FRC) Farbtiefe zu bieten, was das VA-Panel mit Quantum Dot in Sachen Bildqualität sichtbar toppt. Mit Full HD auf 24 Zoll ist die Pixeldichte noch relativ hoch und mit Freesync bleibt das Bild zusammen mit Radeon-Grafikkarten außerdem rissfrei. Die ominöse eine Millisekunde an Reaktionszeit erreicht Samsung mithilfe einer Low-Motion-Blur-Technik, deswegen funktioniert auch kein Freesync zeitgleich. Da der extravagante Standfuß des FG70 nach hinten recht ausladend ist, hat Samsung mit dem FG73 das gleiche Panel mit konventionellem Standfuß versehen. Mittlerweile scheint nur noch der FG73 auf dem Markt aktuell zu sein, da der ältere FG70 deutlich teurer ist.

WQHD: Der zeitgemäße Pixelkompromiss

Acer Z1 Z271U

Der aktuell beste WQHD-Monitor hat ein TN-Panel. Damit ist der Acer Z1 der beste Beweis dafür, dass es qualitativ gute TN-Panels gibt. Er vereint die bislang existierenden Gegensätze der guten Farbqualität eines IPS-Panels und der schnellen Reaktionszeit eines TN. Das lässt sich Acer aber auch gut bezahlen.

Mit seinen echten 8 Bit (statt 6 Bit mit FRC) an Farbtiefe und einer ziemlich guten Blickwinkelstabilität ist er selbst für das geübte Redakteursauge auf den ersten Blick nicht von IPS-Panels zu unterscheiden. Die Farbraumabdeckung mag zwar nicht ganz so hoch sein wie bei IPS, sie ist jedoch für Privatanwender und erst recht für Gamer irrelevant, denn subjektiv ist die Bildqualität sehr gut – auch in Bewegungen. Wir messen im Schnitt 2,3 ms, damit gehört er zu den schnellsten Monitoren auf dem Markt mit nahezu keinen Schlieren. Ein kleines Manko ist die etwas hohe Minimalhelligkeit von 135 cd/m², wodurch der Bildschirm in den Abendstunden und in dunklen Räumen viel zu hell sein kann. Außerdem wirkt die Beschichtung des Panels etwas unsauber, Nutzer beschweren sich über eine „schmutzige" Mattierung.

AOC AG273QCX

Seit Anfang diesen Jahres sind mit G-Sync Compatible die Karten neu gemischt: Auch Freesync-Monitore können G-Sync, so auch der AG273QCX, der mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis punktet.

Der AG273QCX kann zwar grundsätzlich G-Sync, aber mit einigen Macken: Zwischen ca. 135 und 143 Fps ist trotz synchronisierter Bildwiederholrate noch immer ein wenig Tearing am unteren Bildrand zu sehen. Wer sich ohnehin nicht in diese hohen Fps-Sphären begibt, etwa per Frame Limit, hat keinen Nachteil. Zudem punktet der QCX mit Anschlussvielfalt und hat sogar noch einen VGA-Eingang (D-Sub), der aber nur noch Retrofans freut. Es handelt hier sich um ein kontraststarkes VA-Panel mit sattem Schwarz und knackigen Farben. Die Schlieren sind VA-typisch gerade in dunklen Farben etwas stärker als bei IPS und TN, was aber nur dem geübten Auge auffallen oder einen Kenner stören dürfte. Mit durchschnittlichen 7,5 ms Reaktionszeit gehört er zu den schnelleren VA-Panels, was für die gute Qualität des Monitors spricht. Preislich ist er nicht der günstigste WQHD mit Freesync, hat dafür aber auch keine nennenswerten Schwächen und punktet mit Gimmicks wie einer Kabelfernbedienung.

MSI MAG321CQR

Mehr Bildfläche kostet. Das ist vor allem bei Fernsehern spürbar, aber auch bei Monitoren der Fall. Deswegen sind die 32-Zöller etwas teurer als die beliebteren 27er bei gleicher Auflösung, Bildwiederholrate und Qualität. Der MAG321CQR ist eher einer der günstigsten, ohne dabei Abstriche zu machen, im Gegenteil.

Wie alle 32er hat auch der MSI-Monitor ein VA-Panel von Samsung verbaut, das knapp den angegebenen Kontrast von 3.000:1 auch erreicht. Die Maximalhelligkeit ist mit nur 240 cd/m² untypisch gering, wenn auch nicht zu niedrig für die Praxis. Allzu hell darf es aber im Raum mit dem Monitor dennoch nicht sein. Wie alle MSI-Monitore, die mit „1 ms Reaktionszeit" werben, hat auch dieser eine Low-Motion-Blur-Technik, die aber ein sichtbares Ghosting aufweist. Man aktivert besser das Overdrive, welches die Schlieren etwas reduziert und eine gute Bewegtbildqualität aufweist. Wir haben den Monitor zudem auf G-Sync-Kompatibilität geprüft und konnten hier keinerlei Bildfehler feststellen.

Ultra HD: Wenn nur die hohe Auflösung zählt

Acer XV3 XV273KP

Letztes Jahr sprengten die ersten 4K/UHD-Modelle endlich die 60-Hz-Grenze. Leider sind sie mit Preisen jenseits der 2.000 Euro für Normalsterbliche unerschwinglich. Acer bringt mit dem Nitro XV3 nun ein Modell heraus, dass „nur" dreistellig kosten soll.

Nvidias G-Sync Ultimate steht nach wie vor für das Nonplusultra der Gaming-Displays. Anfang 2019 kommt nun von Acer immerhin ein Kompromiss auf den Markt: Ein gutes IPS-Display mit 4K/UHD-Auflösung auf 27 Zoll mit bis zu 144 Hz. Gespart wurde hier vielerlei, etwa an der HDR-Darstellung, die im Acer-Monitor nur in Spitzen maximal 465 cd/m² hell ist. Die 144 Hz erfordern in UHD ein zweites Displayport-Kabel. Andernfalls stehen nur 120 Hz zur Verfügung, was die bessere Wahl ist, denn auf 144 Hz funktioniert kein Freesync oder G-Sync. Der Monitor ist von Nvidia als G-Sync Compatible ausgezeichnet. Kurioserweise funktioniert die variable Bildwiederholrate innerhalb der Spanne nicht ganz fehlerfrei: Ab circa 110 Hz ist noch immer ein Bildriss am unteren Rand zu sehen. Abgesehen von all diesen Kompromissen handelt es sich um einen Monitor mit hervorragender (SDR-)Bildqualität.

Asus ROG Swift PG27UQ

Es mag etwas schmalzig klingen, aber der Asus ROG Swift PG27UQ läutete als erstes Modell eine neue Evolutionsstufe unter den Gaming-Monitoren ein.

Der PG27UQ ist der erste UHD-Monitor mit 144 Hz in unserem Testlabor und bietet obendrein mit G-Sync HDR einen Dynamikumfang in TV-Qualität. Dass diese neue Speerspitze unter den Monitoren nicht ganz günstig ist, war zu erwarten. Die Aufreger um die ersten beiden G-Sync-HDR-Monitore entstehen erst einmal nur mit einem Blick ins Datenblatt, nicht aber mit einem auf den Bildschirm. Der Lüfter? Kaum hörbar. Die Farbunterabtastung? Kaum sichtbar. Aber gerade was die Bildqualität angeht, so ist die aktuelle Kritik an den G-Sync-Ultimate-Monitoren nicht gerechtfertigt. Es sind so viel mehr Aspekte, welche die wirklich sichtbare Qualität weitaus mehr beeinflussen: die hohe Pixeldichte von über 160 ppi, die Display-HDR-1.000-Darstellung zusammen mit der schnellen Bildwiederholrate über 144 Hertz. Diese Eigenschaften allein machen den ROG Swift PG27UQ zum Gaming-Monitor mit der aktuell besten Bildqualität.

Philips Momentum 436M6VBPAB

Der aktuell einzige Monitor mit DisplayHDR 1000 zum „nur" dreistelligen Preis kommt von Philips. Mit seiner TV-dimensionierten Bilddiagonale über 42,5 Zoll mit Ultra-HD-Auflösung ist er ein Sonderling, der sich als Monitor für Konsolenspieler präsentieren möchte.

Daher konkurriert er eher mit Fernsehern als mit anderen Monitoren. Dennoch ist er einer, denn wie solche hat er keinen TV-Tuner, dafür Displayport-Anschlüsse, welche unter Fernsehern noch immer nicht zu finden sind. Der Monitor löst mit 3.840 × 2.160 Pixeln auf – also Ultra HD. Das Panel arbeitet mit der kontrastreichen MVA-Technik, folglich verfügt er mit 0,2 cd/m² über einen niedrigen Schwarzwert. Dank der hohen Maximalhelligkeit, bei der wir ca. 750 cd/m² messen, kommt das Panel auf das ausgezeichnete Kontrastverhältnis von ca. 4.000:1. Die HDR-Qualität hängt hingegen stark von den Dimming-Zonen ab. Der Philips verfügt über ein 16×2-Raster mit 32 Dimming-Zonen. Insgesamt liefert der Monitor, der nur von deutlich teureren TVs Konkurrenz bekommt, ein gutes Gesamtpaket ab.

Ultrawide: Das breite Panorama-Format

LG 34GK950F-B

Nano-IPS heißt LGs neue Technik mit einer Schicht Nanopartikeln auf dem LCD-Layer. Dadurch sollen eine höhere Farbraumabdeckung sowie brillantere Farben möglich werden.

Wie auch bei Samsungs Quantum Dot sind es bestenfalls lediglich Nuancen, welche einen Unterschied zu herkömmlichen IPS-Panels ausmachen, gerade weil dieses bereits eine sehr gute Qualität aufweist. Es sind letztlich objektive Messwerte, die definitiv die etwas bessere Bildqualität beweisen: Der 34GK950F-B kann mit der hervorragenden Farbqualität mit niedrigen Abweichungen von nur 1,2 im Delta-E-Wert punkten. Außerdem bringt der Freesync-Monitor die LG-eigene Low-Motion-Blur-Technik mit. Diese schärft das Bewegtbild mit einem Hintergrundlicht-Flimmern zwar, weist aber ein leichtes Ghosting auf. Es handelt sich hier um den aktuell besten Ultrawide-Monitor, der aber auch einiges kostet.

Viewsonic XG350R-C

Die aktuellen IPS-Panels des Ultrawide-Pioniers LG sind gut, aber teuer. Andere Panel-Hersteller, Samsung und AU Optronics, bieten einige nicht ganz so teure Alternativen.

Konsultieren wir den PCGH-Preisvergleich, so ist der Viewsonic-Monitor mit einem VA-Panel in UWQHD-Auflösung mit 100 Hz und Freesync nicht der günstigste. Andere Modelle, wie etwa der hier unten vorgestellte Samsung wirken da etwas attraktiver. Es sind aber einige Details, wenn auch unscheinbare und recht kleine, die den Preisunterschied von ca. 150 Euro nach unten ausmachen. So haben wir die Reaktionszeit mit durchschnittlich ca. 5 ms gemessen. Das Samsung-Panel ist mit ca. 9 ms etwas träger und selbst das luxuriöse LG-IPS-Panel kommt noch auf 6 ms. Außerdem handelt es sich hier um ein ausgewiesenes Gaming-Modell, wofür die RGB-LEDs an der Rückseite sprechen. Freesync wie G-Sync funktionieren hier außerdem beide auf voller Frequenz.

Samsung C34H890

Ein guter Ultrawide-Monitor muss nicht teuer sein. Das beweist Samsung mit seinem Vertreter aus der gehobenen Mittelklasse.

Mit der Bildfrequenz geht es hier nicht ganz so hoch, nämlich nur bis 100 Hz, und Freesync funktioniert bis 48 Hz. Ohne es jetzt unnötig spannend zu machen, lassen wir gleich die Bombe platzen: Der Monitor ist ohne LFC angegeben, Freesync funktioniert also nicht etwa mit Frame-Vervielfachung unterhalb der 48-Hz-Grenze. Nun ist der Monitor aber auch G-Sync-kompatibel und mit Nvidia-Karte klappt die variable Synchronisierung auf voller Frequenzspanne bis auf 1 Fps hinab. Samsung zählt den C34H890 zu den Business-Monitoren. Mit 100 Hz lässt es sich aber schon recht geschmeidig spielen; auch wenn die 120 oder 144 Hz noch mal ein sichtbarer Zugewinn sind, ist die niedrigere Bildwiederholrate dem Preiskompromiss geschuldet.

Display-Exoten und -Alternativen

HP Omen Emperium X 65

Nvidia hat zusammen mit AUO sowie den Monitorherstellern ein beeindruckendes Display geschaffen. Natürlich ist das mit 4.000 Euro nicht ganz billig, dafür bietet es das aktuelle Nonplusultra aus beiden Welten.

Das Big Format Gaming Display (BFGD) ist nicht nur ein hervorragender Fernseher, wenn auch ohne TV-Tuner, sondern auch die aktuell bestmögliche Gaming-Mattscheibe in dieser Größe. Allein die 144 Hz sind ein gewaltiger Mehrwert gegenüber den 60 Hz, die selbst teure Fernseher noch immer maximal in Ultra HD bieten. Außerdem gefällt uns das VA-Panel mit niedrigem Schwarzwert, das qualitativ vergleichbar ist mit Samsungs Oberklasse-Fernseher, die ebenso VA-LCDs mit Quantum Dots bieten. Nicht nur mit HDR sieht das Bild gut aus, dank des guten Kontrasts und mit gutem Local Dimming wirkt auch ein Spiel mit standardmäßiger SDR-Grafik viel knackiger. Die UHD-Auflösung bringt aber selbst aktuelle High-End-Rechner ans Limit.

ab ca. € 4.000,-

ab ca. € 840,-

Samsung C49HG90

Ihnen kann es nicht breit genug sein? Der C49HG90 bietet als einziges Modell das 32:9-Format und verfügt damit genau über die Fläche zweier Monitore in Full HD auf 27 Zoll.

Auf 49 Zoll verfügt der Monitor über die UHD-Auflösung in der Breite, also 3.840 Pixel, und Full-HD-Auflösung in der Höhe, also 1.080 Pixel. Die 144 Hz sind per Freesync 2 variabel und machen ihn zu einem Gaming-Monitor, der sich etwa gut für immersive Rennspiele oder Ähnliches eignet. Freesync 2 ist mit 500 cd/m² noch immer Samsung-exklusiv und bedeutet hier eine HDR-Qualität nach der Zertifizierung Display HDR 600. QLED nennt Samsung seine VA-Panels mit Quantum-Dot-Schicht, deren Bildqualität sich in allen aktuellen Modellen, so auch im HG90, sehen lassen kann: Ein Kontrast von fast 3.000:1, eine brillante Farbtreue mit einem Delta-E-Wert von nur 1,3 sowie geringe Abweichungen von nur acht Prozent sprechen für sich.

LG 38WK95C-W

Mit einem Seitenverhältnis von 24:10 zählt das 38-Zoll-Panel zu den Ultrawide-Monitoren und ist damit etwas breiter als die vielen anderen 34er mit dem älteren 21:9-Panels. Die hohe Auflösung von 3.840 × 1.600 Pixeln erfordert in Spielen eine gute Grafikleistung.

Wohl weil es keine extra Lizenzgebühren kostet, hat LG bei seinem teuren Profi-Modell Freesync dazugepackt. Das funktioniert hier nur in der kurzen Spanne zwischen 56 und 75 Hz. Das heißt, Sie müssen in Spielen die Framerate auf gut 60 Fps im Schnitt bringen, um auch eventuelle Schwankungen nach unten hin kompensieren zu können. Dazu ist eine leistungsfähige Grafikkarte erforderlich. Obwohl der Monitor nicht LFC-fähig ist, funktioniert G-Sync auch unterhalb der 56-Hz-Grenze. Abgesehen davon unterscheidet sich der 38WK95 vom mittlerweile deutlich günstigeren Vorgänger 38UC99-W durch das recht schwache HDR10. Wer darauf verzichtet, spart ca. 150 Euro.

ab ca. € 1.040,-

PC-Zusammenbau

Alle Arbeiten geschehen auf eigene Gefahr.

Schritt für Schritt zum Traum-Rechner: Wir erklären anhand von zwei Beispielen – einmal mit AMD Ryzen und einmal mit Intel Core – den Zusammenbau eines Computers.

Die Auswahl der richtigen Teile ist nur die halbe Miete. Wenn Sie den Zusammenbau des selbst zusammengestellten Computers nicht vom Händler Ihrer Wahl durchführen lassen möchten, haben Sie die anspruchsvollste Aufgabe noch vor sich. Doch keine Sorge, Hilfe naht: In diesem Artikel demonstrieren wir anhand von zwei Beispielkonfigurationen, wie Sie die Teile clever und schadenfrei verkuppeln.

Umgang mit Hardware

Für all diejenigen, die noch nie Hardware in der Hand hatten, hier eine kleine Entwarnung: Elektronik wird in erstaunlich robusten Formaten ausgeliefert, großflächige mechanische Schäden sind nur selten und nach großer Krafteinwirkung zu beobachten. Vorsicht ist aber bei Werkzeugeinsatz und der Bewegung großer Objekte in der Nähe von Platinen geboten, denn Kratzer können Leiterbahnen unterbrechen und viele kleine aufgelötete Bauteile reagieren empfindlich auf seitliche Krafteinwirkung – abrutschende Schraubendreher sind tödlich für Hardware!

Ebenfalls empfindlich sind offen liegende Kontakte. Pins (die kleinen „Beinchen“ aus Gold) aktueller AMD-Prozessoren beziehungsweise die Kontaktfedern im Sockel von Intel-CPUs verbiegen schnell und lassen sich nur mit viel Fingerspitzengefühl wieder richten. Aber auch robuste Kontakte an Platinen sollte man nach Möglichkeit nicht direkt anfassen, denn statische Entladungen können die angebundenen Chips beschädigen. Der erste Schritt vor PC-Bastelarbeiten sollte deswegen nicht nur eine Trennung der Hardware vom Stromnetz sein, sondern auch eine Erdung der eigenen Person beispielsweise an einem blanken Heizungsrohr. Aus dem gleichen Grund wird Hardware übrigens in antistatischen Tüten geliefert, deren metallische Beschichtung enthaltene Komponenten vor etwaigen Entladungen schützt. Dieses leitfähige Material sollte nicht als Unterlage für Testaufbauten genutzt werden!

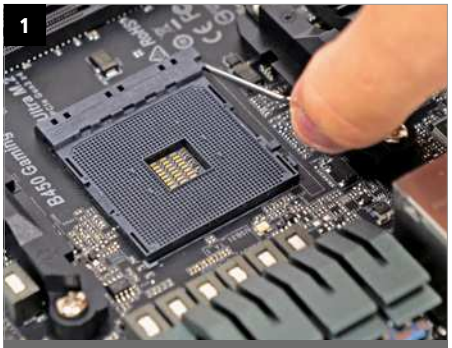
Das richtige Werkzeug

Strom, statische Ladung und brachiale Gewalt sind beim PC-Zusammenbau also zu vermeiden. Sehr nützlich ist dagegen ein Kreuzschlitz-Schraubendreher mittlerer Größe, ein PH2 passt zu quasi allen im PC-Bereich üblichen Schrauben. Diese sind mit zwei verschiedenen Gewinden im Einsatz: Das feinere M3-Format ist typisch für 5,25- und 2,5-Zoll-Laufwerke, das gröbere amerikanische UNF 6-32 kommt bei 3,5-Zoll-Laufwerken und meist auch bei Mainboard- und Grafikkartenbefestigungen zum Einsatz.

Mit sanfter Gewalt lassen sich M3-Schrauben auch in die etwas größeren UNF-Gewinde drehen. Das Gewinde wird dabei aber beschädigt und die Schraube findet nicht dauerhaft Halt! Ein dritter Typ sind selbstschneidende Grobgewindeschrauben mit etwas größerem Durchmesser, die direkt in den gewindelosen Kunststoff von Lüfterrahmen gedreht werden. *(wt)*

Beispielrechner 1: Mittelklasse-PC (AMD)

Einbau der CPU



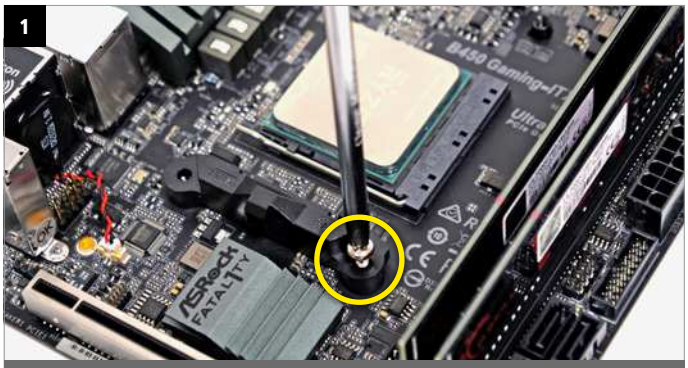
Bei Sockel AM4 ist die CPU-Installation simpel, hier muss lediglich der Hebel nach oben gezogen werden …

… und die CPU wird ohne Kraftaufwand eingelegt. Die Markierungen zeigen die richtige Position an.

Einbau des Arbeitsspeichers

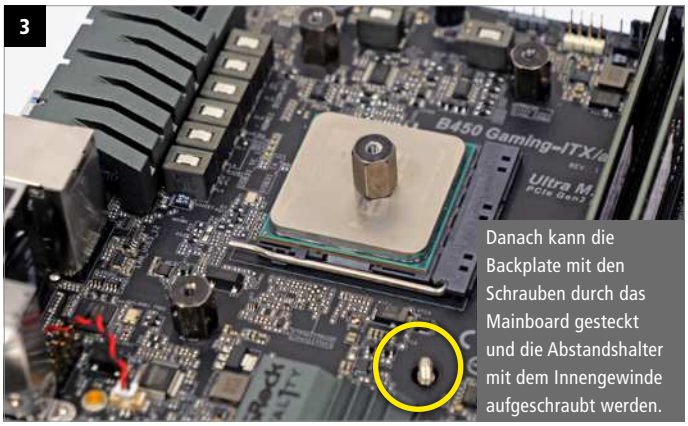
Beim Einbau des Speichers muss nur ein Tab geöffnet werden, um den Speicher in den Slot zu drücken.

Montage des CPU-Kühlers



Für den von uns verwendeten Kühler muss die originale AMD-Halterung zusammen mit der Backplate auf der Rückseite entfernt werden.

Als Nächstes kann die neue Backplate mit den Schrauben vorbereitet werden. Diese Schrauben werden von Plastik-Clips an der Backplate gehalten. (Genaue Details in der Anleitung des Kühlers)



Danach kann die Backplate mit den Schrauben durch das Mainboard gesteckt und die Abstandshalter mit dem Innengewinde aufgeschraubt werden.

Am CPU-Kühler selbst müssen dann noch die Halterungen für den jeweiligen Sockel angebracht werden. Hier muss die richtige Orientierung beachtet werden.

Die Schrauben für die Montage erreicht man nur ohne Lüfter. Nach der Demontage kann der Kühler auf dem Mainboard verschraubt werden.

Danach kann der Lüfter wieder befestigt und in den CPU-Fan-Stecker eingesteckt werden.

Einbau des Netzteils

Die benötigten Kabel vor dem Einbau anzuschließen, ist eine gute Idee.

Danach kann das Netzteil von vorne unten in das Gehäuse eingesetzt, nach hinten geschoben und letztendlich festgeschraubt werden.

Verkabelung

Die Verkabelung beginnt mit dem 24-Pin-Anschluss …

… und wird vom 8-Pin-CPU-Stecker, der in diesem Gehäuse schwierig zu erreichen ist, fortgesetzt.

Um beide Gehäuselüfter anzuschließen, benutzen wir das beim CPU-Kühler beiliegende Y-Kabel.

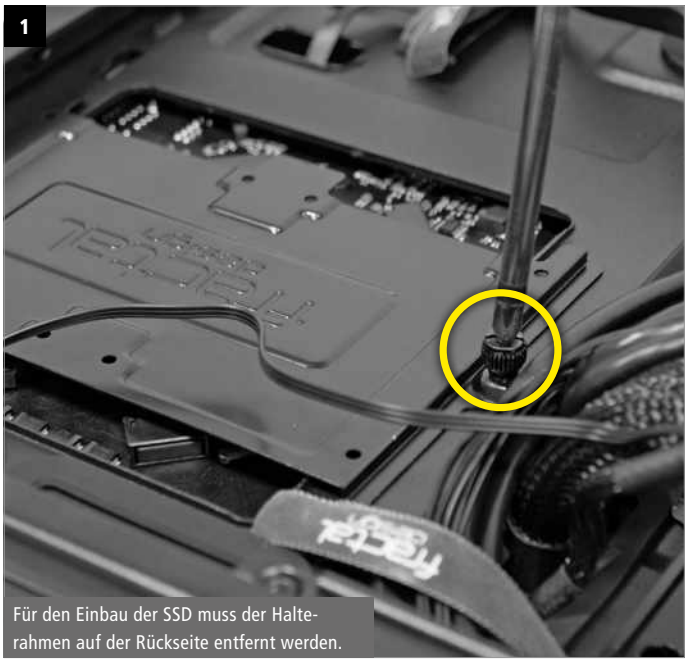
Der USB-3.0-Stecker sitzt unter dem ATX-Anschluss und ist jetzt noch gut zu erreichen.

Gleiches gilt für die Front-Panel-Anschlüsse. Hier sollte man auch das Mainboard-Handbuch zu Hilfe nehmen.

Beim HD-Audio-Stecker sollte man das Kabel beachten, welches vor dem PCI-E Slot verläuft.

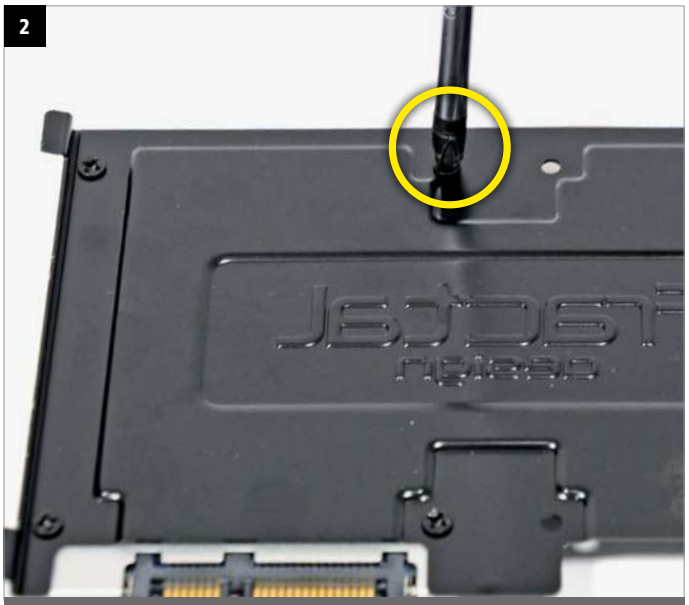
Einbau der SSD

1



Für den Einbau der SSD muss der Halterahmen auf der Rückseite entfernt werden.

2

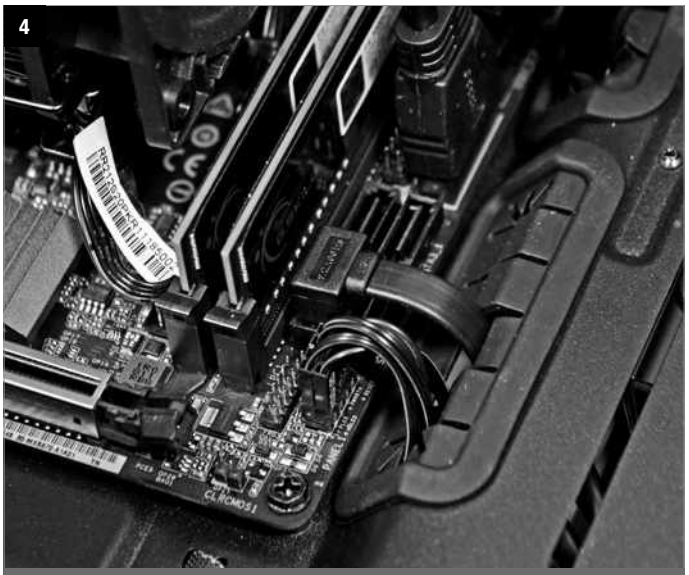


Die SSD wird lediglich mit vier Schrauben befestigt. Die Anschlüsse müssen hier passend zur Aussparung liegen.

3

Nun wird das Bracket wieder an gleicher Stelle eingebaut und die SSD kann mit einem Daten- und Stromkabel angeschlossen werden.

4



Das SATA-Datenkabel muss dann nur noch am Mainboard eingesteckt werden. Welcher Anschluss verwendet wird, ist egal.

Einbau der Grafikkarte

1

Für die Grafikkarte müssen die Slotbleche entfernt werden.

2

Dann kann die Karte eingebaut und alle Stromanschlüsse eingesteckt werden.

Fertigstellung: Kabelmanagement

1

Mitgelieferte Kabelbinder und Klettbänder eignen sich hervorragend für simples Kabelmanagement.

2

Fertig ist ein kleiner, leistungsstarker Gaming-PC, der obendrein nicht die Welt kostet.

ANZEIGE

Die besten Schnäppchen

Der PCGH-Schnäppchenführer
Die besten Hardware-, Spiele- und Filmschnäppchen – täglich aktualisiert!
www.pcgh.de/spartipps

PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

Beispielrechner 2: High-End-PC (Intel)

Einbau der CPU

Um den Sockel zu öffnen, muss der Hebel nach unten und dann nach rechts gedrückt werden.

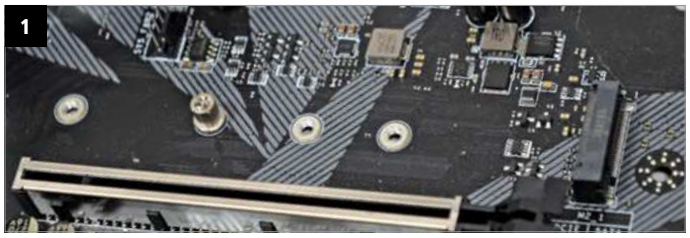
Die CPU wird eingelegt. Die Orientierung wird durch die beiden Markierungen auf Board und CPU bestimmt.

Zum Arretieren der CPU wird der Hebel wieder umgelegt. Die Abdeckung springt dann ab.

Einbau des Arbeitsspeichers

Beim Arbeitsspeicher müssen erst die Clips an den Seiten geöffnet werden, dann werden die Riegel eingesetzt (dabei muss auf die Kerbe nahe der Mitte geachtet werden). Schlussendlich muss Druck auf den Speicher ausgeübt werden, bis es klickt.

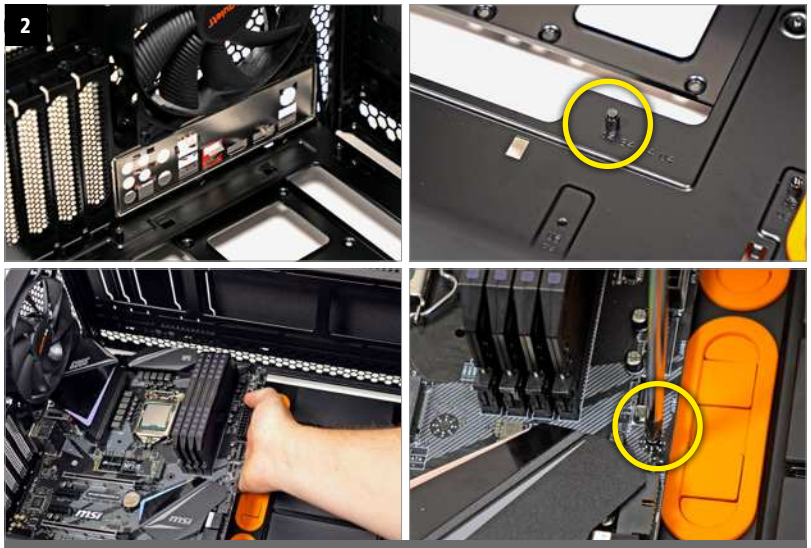
Einbau der M.2-SSD



Bei der M.2-SSD muss bei vielen Mainboards erst ein Abstandshalter eingeschraubt werden, dann wird die SSD in einem 30-Grad-Winkel eingesteckt, heruntergedrückt und mit der in der Mainboardverpackung beiliegenden Schraube befestigt.

Einbau des Mainboards in das Gehäuse

Beide Seitenteile sollten für den Einbau entfernt werden. Front oder Deckel zu entfernen, ist hier nicht erforderlich.



Für den Einbau des Mainboards muss erst die I/O-Blende in die Aussparung gedrückt werden. Die Abstandshalter sind in den meisten besseren Gehäusen bereits vorinstalliert, somit sparen wir uns einen Arbeitsschritt. Jetzt kann das Mainboard in einem Winkel mit den Anschlüssen an das hintere Blech angelegt und schlussendlich mit allen Schrauben handfest fixiert werden.

Einbau des Netzteils

1

Für den Netzteileinbau muss erst die hintere Blende mit den vier Rändelschrauben abgenommen werden.

2

Diese Blende wird dann mit den dem Netzteil beiliegenden Schrauben angebracht. Die Orientierung ist hier egal, da die Schrauben an der Blende symmetrisch sind.

3

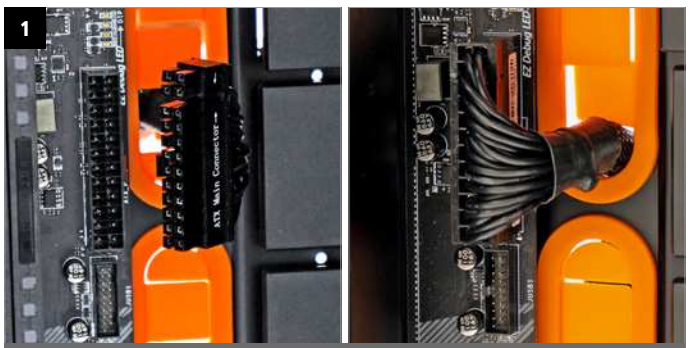
Als Nächstes sollten alle benötigten Kabel eingesteckt werden, da hier die Sicht auf die Stecker deutlich besser ist.

4

Nun kann das Netzteil in das Gehäuse geschoben werden. Wir entscheiden uns für eine Orientierung mit dem Lüfter nach oben.

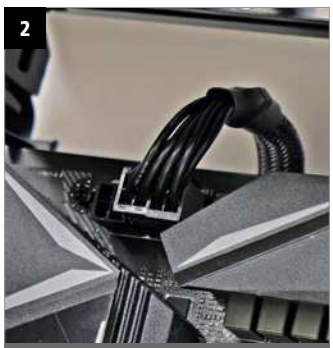
Verkabelung

1



Bei der Verkabelung sollte zuerst der 24-Pin-Stecker verlegt werden. Von der Rückseite können wir diesen auf die Vorderseite führen und einfach einstecken.

2

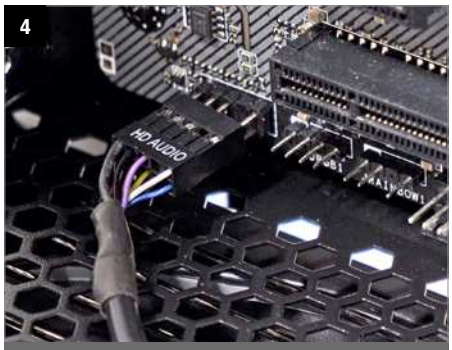


Der 8-Pin-Stecker ist nun noch einfach zu erreichen und einzustecken.

3

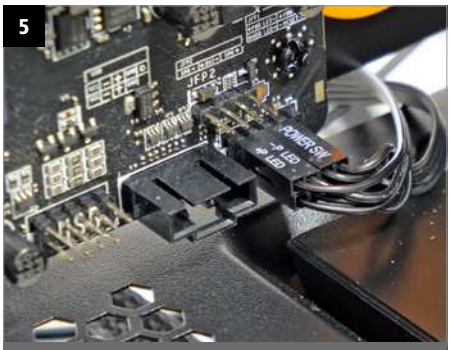
Die Kabel der Front-Anschlüsse können nun ebenfalls angeschlossen werden.

4



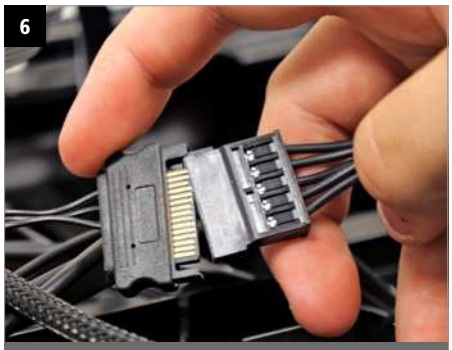
Das Kabel für die Audio-Anschlüsse kann durch eine Lücke einfach zum Stecker geführt werden.

5



Für das Layout der Front-Panel-Knöpfe und LEDs sollte das Mainboard-Handbuch zu Rate gezogen werden.

6



Die Lüftersteuerung des Gehäuses kann an einem SATA-Stromanschluss des Netzteils betrieben werden.

Quadratisch.
Dynamisch.
Farbig.

ENERMAX
POWER. INNOVATION. DESIGN.

AQUAFUSION

SABERAY ADV

SquA RGB

StarryFort SF30

Quadratische Beleuchtung von Enermax

Enermax Kühlungsprodukte im SquA RGB Design sind mit einem quadratischen Rahmen mit adressierbaren RGB-LEDs ausgestattet. Die LEDs verfügen über die ENERMAX LED LIGHTING Technology, die für eine unglaublich helle und gleichmäßige Beleuchtung sorgt. Die farbenfrohen Regenbogeneffekte können mit Hilfe der Motherboard-Software von unterstützen Systemen synchronisiert werden. So wird es möglich verschiedene Produkte farblich aufeinander abzustimmen.

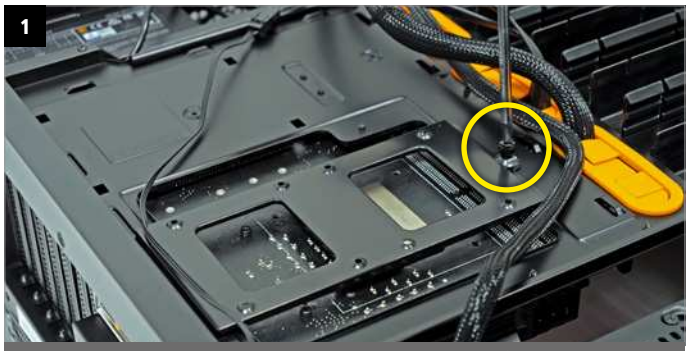
Zur Optimierung des Luftstroms erzeugt der SquA RGB-Lüfter mit dem Vortex Frame Design einen konzentrierten Wirbel und erleichtert den Lufteinlass mit dem ENERMAX Air Inlet Design effektiv. ENERMAX Produkte im SquA RGB Design profitieren damit von einer leisen und doch leistungsfähigen Kühlung.

RGB Addressable ENERMAX | ASUS AURA SYNC | ASRock POLYCHROME SYNC | GIGABYTE RGB FUSION READY | RGB msi MYSTIC LIGHT SYNC

alternate.de | amazon.de | bora-computer.de | computeruniverse.net | csv-direct.de
jacob.de | kmcomputer.de | mindfactory.de | nexoc-store.de | notebooksbilliger.de

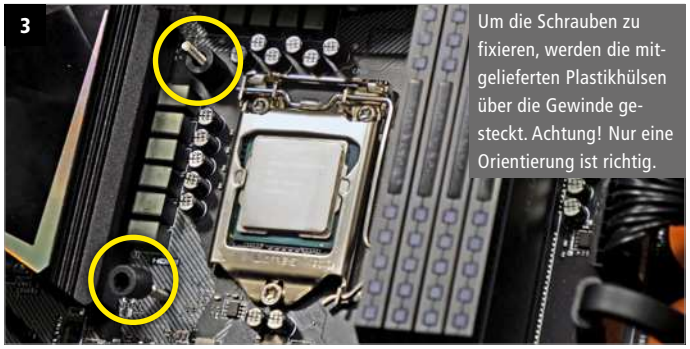
ENERMAX.DE

Montage der All-in-One-Wasserkühlung



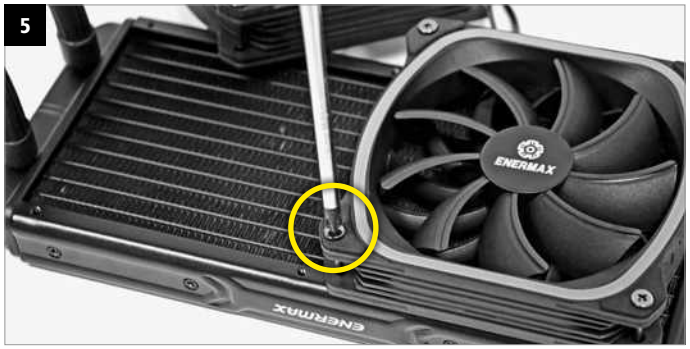
Für die Montage der Backplate muss erst die SSD-Halterung entfernt werden (nach der Kühlermontage ist eine Nutzung der Halterung kein Problem).

Dann kann die Backplate auf die Rückseite des Mainboards gelegt und Schrauben für die Vorderseite durchgesteckt werden.



Um die Schrauben zu fixieren, werden die mitgelieferten Plastikhülsen über die Gewinde gesteckt. Achtung! Nur eine Orientierung ist richtig.

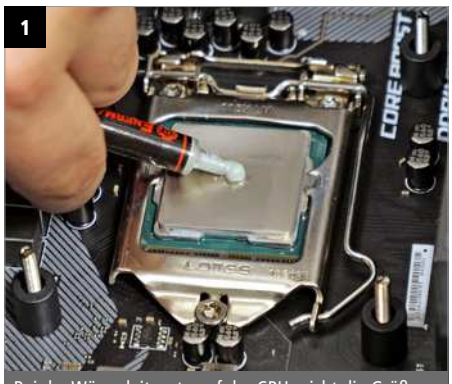
Für die Montage des Radiators muss die Halterung für die Lüfter entfernt werden.



Dann können die Lüfter an den Radiator und dieser wiederum mit den mitgelieferten Schrauben am Lüfter-Halterahmen des Gehäuses befestigt werden. Hier sollte auf die Orientierung der Kabel für bestmögliches Kabelmanagement geachtet werden.

Als Nächstes kann das komplette Bracket mit Radiator wieder eingeschoben und festgeschraubt werden.

Montage der Wasserkühlung: CPU-Block

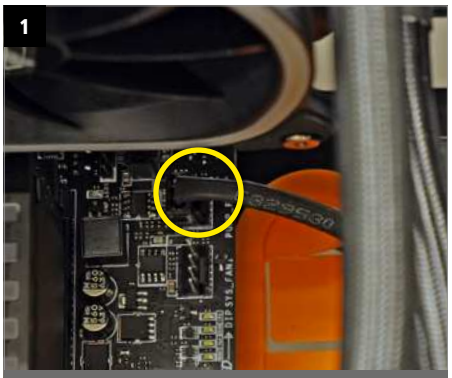


Bei der Wärmeleitpaste auf der CPU reicht die Größe eines gekochten Reiskorns. Verstreichen ist nicht nötig.

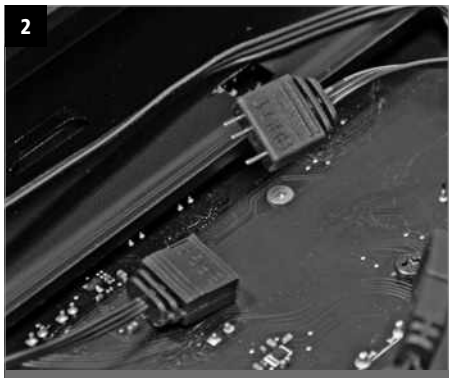
Vor der Montage sollte man die Schutzfolie vom Kühlerboden abziehen und diesen noch einmal reinigen.

Der Pumpenkopf wird nun einfach auf den Sockel gesteckt und mit den beiliegenden Schrauben befestigt.

Verkabelung der Wasserkühlung



Die Pumpe wird dann an den Pumpenstecker am Mainboard angeschlossen.



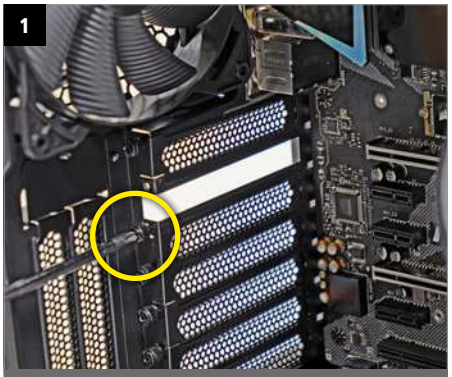
Für die RGB-Stecker sollte man im Handbuch nachsehen, um keine Fehler zu machen.

Die Stromversorgung erfolgt auch hier über einen SATA-Stromstecker, der mit dem Netzteil verbunden wird.

Für die Steuerung der Pumpe und der Sensoren hat die Wasserkühlung einen internen USB-Anschluss.

Die Lüfter können mit einem beigelegten Y-Adapter an den CPU-Fan-Anschluss angesteckt werden.

Einbau der Grafikkarte



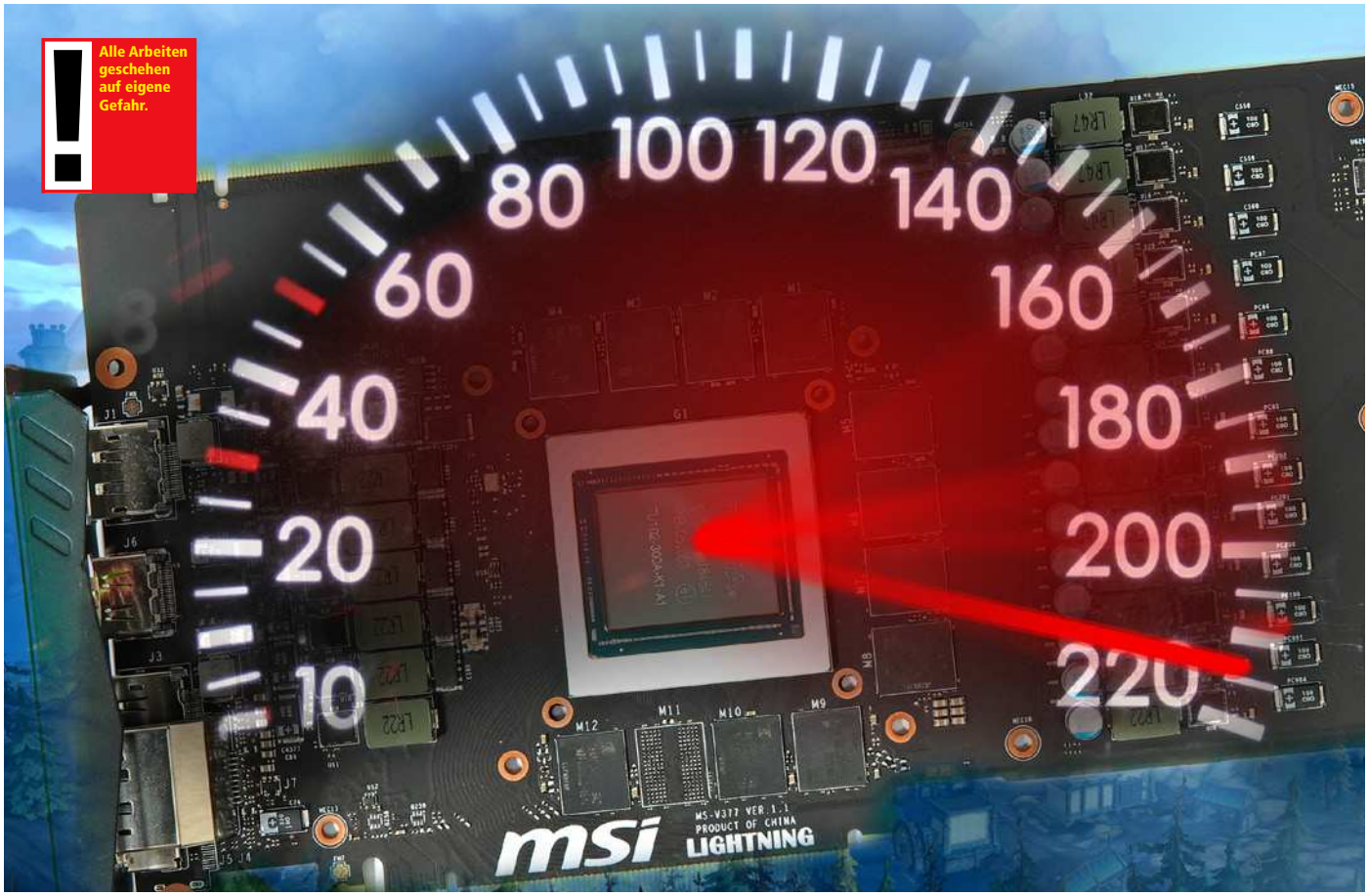
Für den Einbau der Grafikkarte müssen die passenden Blenden auf der Rückseite entfernt werden.

Dann kann man die Karte in den primären PCI-E-Slot einstecken.

Bei der Grafikkarte müssen, anders als beim Prozessor, alle Stromanschlüsse verwendet werden.

Bei der Verlegung der Kabel können die mitgelieferten Kabelbinder und Klettbänder sehr hilfreich sein, um eine saubere Optik zu erreichen.

Jetzt kann der Rechner eingeschaltet werden.



Mehr Power!

Jeder PC-Spieler kann höhere Leistung gebrauchen. Dafür müssen Sie nicht schon wieder Ihr Konto plündern – in diesem Artikel präsentieren wir effektive Kniffe zur kostenlosen Leistungssteigerung.

Treue Leser der PC Games Hardware wissen längst, dass in jedem Prozessor und jeder Grafikkarte ungenutztes Potenzial steckt. Möglich wird dies durch mehr oder minder üppige Sicherheitsreserven, mit denen die Hersteller ihre Produkte spezifizieren.

In diesem Artikel verraten wir, wie Sie Ihren Rechner mit wenigen Handgriffen schneller machen. Dabei wird dem Overclocking, also dem gezielten Betrieb eines Prozessors jenseits seiner Spezifikation, eine wichtige Rolle zuteil, schließlich handelt es sich um den effektivsten, immer funktionierenden Kniff, um die Leistung zu erhöhen. Doch es gibt auch andere Stellschrauben, beispielsweise die richtige Schnittstelle in modernen Spielen. Hier warten bei bestimmten Hardware-Konstellationen gigantische Leistungssteigerungen.

Overclocking: alt, aber gut

Der Hauptprozessor (CPU) ist die zentrale Recheneinheit Ihres PCs und daher elementar für einen schnellen Ablauf – doch nicht immer stellen sich durch eine Beschleunigung der CPU fühlbare Gewinne ein. Eine Übertaktung des Prozessors lohnt sich nicht, wenn die Grafikkarte das Geschehen ausbremst – und umgekehrt.

Ob die CPU oder doch die GPU das Spielerlebnis trübt, lässt sich einfach durch das Herabsetzen der Auflösung prüfen. Letztere ist nämlich ausschließlich die Arbeit der Grafikkarte: je mehr Pixel, desto größer die Grafiklast. Den Prozessor kümmert es nicht, ob Sie in 1.920 × 1.080 (Full HD) oder in 3.840 × 2.160 Pixel (Ultra HD) spielen, seine Aufgaben, zu denen auch das Befehligen der Grafikkarte gehören, sind pixelunabhängig. Ist die GPU überfordert, legt die CPU Leerlaufzyklen ein. In diesem Fall herrscht ein sogenanntes Grafik(karten)limit vor und eine Übertaktung des Prozessors ändert rein gar nichts an der Bildrate. Hier bietet es sich an, die Grafikkarte zu übertakten. Doch aus dem Grafik- kann schnell ein Prozessorlimit werden, wenn Sie die Auflösung, Kantenglättung und weitere GPU-intensive Effekte, beispielsweise Schattenfilterung oder Ambient Occlusion (Umgebungsverdeckung), ausschalten. Steigt die Bildrate nach starker Absenkung der Auflösung hingen nur minimal oder gar nicht, herrscht ein CPU-Limit vor. Diesem begegnen Sie effektiv mit einer Übertaktung.

CPU-OC leicht gemacht

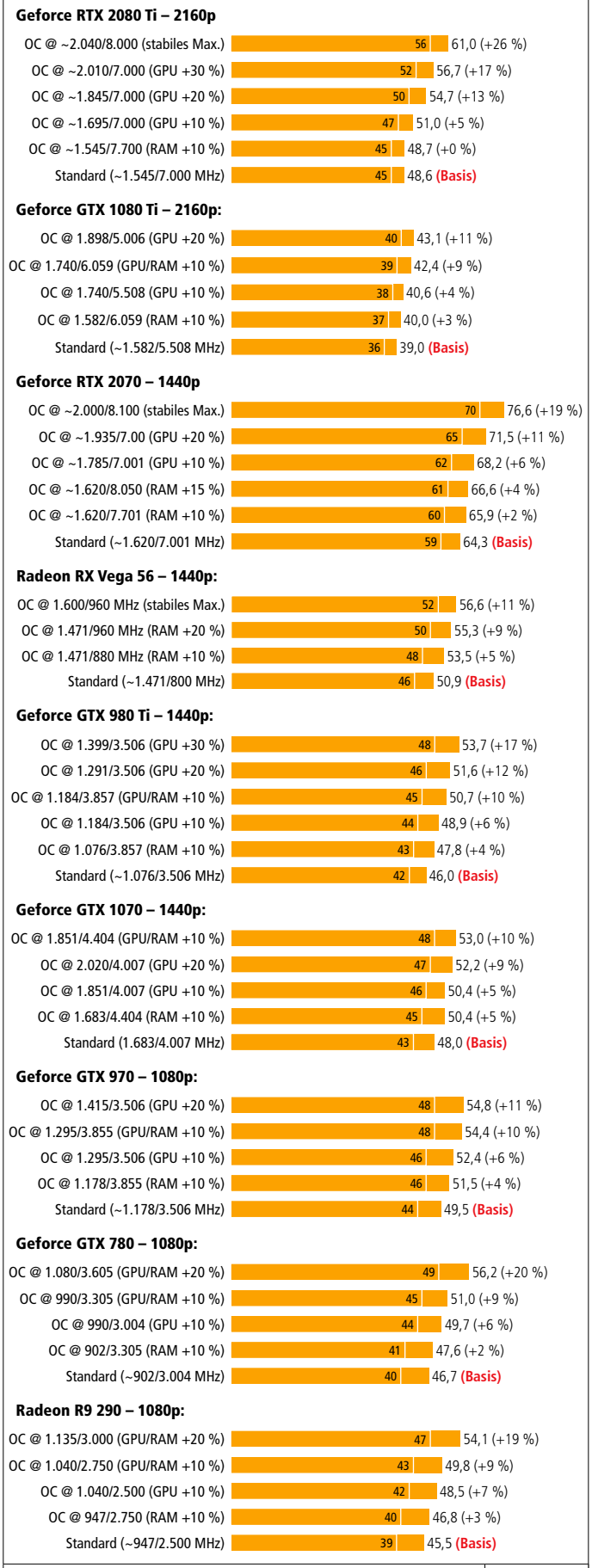
Eine CPU-Übertaktung ist seit einigen Jahren wirklich einfach (Aber trotzdem nicht ohne Risiko!): Mit lediglich zwei Parametern, nämlich der Kernspannung und dem Multiplikator, lassen sich die meisten Prozessoren fast vollständig ausreizen. Wichtig ist nur, dass Sie über ein Modell mit offenem Taktmultiplikator verfügen, denn ansonsten führt der Weg nur über den Referenztakt – und dieser Weg ist ein kurzer: Mehr als drei bis fünf Prozent mehr Takt ist nicht zu holen. Über offene Multiplikatoren verfügen alle Ryzen- und FX-CPUs sowie Intel-Prozessoren mit K- und X-Suffix hinten am Modellnamen. Am besten heben Sie den Multiplikator im BIOS/UEFI um eine Stufe an, prüfen kurz die Stabilität (siehe folgender Textabschnitt) und erhöhen den Multiplikator dann erneut. Bricht der Stabilitätstest oder bereits der Bootvorgang ab, ist es Zeit für eine Spannungserhöhung. Eine Anhebung um 0,050 Volt steigert fast immer das Taktpotenzial.

Overclocking-Richtwerte: Grafikkarten

	Standardtakt*	OC-Takt (durchschnittlich)	OC-Takt (optimistisch)**
Nvidia Geforce			
Geforce RTX 2080 Ti	1.545/7.000 MHz	1.900/7.700 MHz	2.000/8.000 MHz
Geforce RTX 2080	1.710/7.001 MHz	1.900/7.700 MHz	2.000/8.000 MHz
Geforce RTX 2070	1.620/7.001 MHz	1.900/7.700 MHz	2.000/8.000 MHz
Geforce RTX 2060	1.680/7.001 MHz	1.900/7.700 MHz	2.000/8.000 MHz
Geforce GTX 1660 Ti	1.770/6.001 MHz	1.900/6.500 MHz	2.000/7.000 MHz
Geforce GTX 1660	1.785/4.001 MHz	1.900/4.500 MHz	2.000/4.800 MHz
Geforce GTX 1650	1.665/4.001 MHz	1.900/4.500 MHz	2.000/4.700 MHz
Geforce GTX 1080 Ti	1.582/5.508 MHz	1.800/5.800 MHz	2.000/6.000 MHz
Geforce GTX 1080	1.733/5.006 MHz	1.898/5.400 MHz	2.000/5.500 MHz
Geforce GTX 1070 Ti	1.683/4.007 MHz	1.898/4.400 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1070	1.683/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1060	1.709/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.000/4.500 MHz
Geforce GTX 1050 Ti	1.392/3.506 MHz	1.700/3.900 MHz	1.800/4.000 MHz
Geforce GTX 1050	1.455/3.506 MHz	1.700/3.900 MHz	1.800/4.000 MHz
Geforce GTX 980 Ti	1.076/3.506 MHz	1.300/3.800 MHz	1.400/3.900 MHz
Geforce GTX 980	1.216/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.550/4.099 MHz
Geforce GTX 970	1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 960	1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 950	1.188/3.305 MHz	1.400/3.500 MHz	1.500/3.800 MHz
Geforce GTX 780 Ti	928/3.500 MHz	1.100/3.700 MHz	1.250/3.900 MHz
Geforce GTX 780	902/3.004 MHz	1.058/3.400 MHz	1.110/3.600 MHz
Geforce GTX 770	1.085/3.500 MHz	1.202/3.800 MHz	1.254/4.002 MHz
Geforce GTX 760	1.033/3.004 MHz	1.150/3.500 MHz	1.202/3.703 MHz
Geforce GTX 750 Ti	1.084/2.700 MHz	1.250/3.000 MHz	1.300/3.200 MHz
Geforce GTX 680	1.058/3.004 MHz	1.202/3.300 MHz	1.254/3.500 MHz
Geforce GTX 670	980/3.004 MHz	1.202/3.400 MHz	1.254/3.600 MHz
Geforce GTX 660	1.033/3.004 MHz	1.097/3.400 MHz	1.150/3.500 MHz
AMD Radeon			
Radeon VII	1.800/1.000 MHz	1.900/1.100 MHz	2.000/1.200 MHz
Radeon RX Vega 64 LCE	1.677/945 MHz	1.700/1.050 MHz	1.750/1.100 MHz
Radeon RX Vega 64	1.546/945 MHz	1.550/1.000 MHz	1.600/1.050 MHz
Radeon RX Vega 56	1.471/800 MHz	1.500/900 MHz	1.600/950 MHz
Radeon RX 590	1.545/4.000 MHz	1.600/4.400 MHz	1.650/4.500 MHz
Radeon RX 580/8G	1.340/4.000 MHz	1.400/4.300 MHz	1.450/4.500 MHz
Radeon RX 570	1.244/3.500 MHz	1.300/3.900 MHz	1.400/4.000 MHz
Radeon RX 560/4G	1.275/3.500 MHz	1.350/3.800 MHz	1.400/4.000 MHz
Radeon RX 480/8G	1.266/4.000 MHz	1.300/4.200 MHz	1.350/4.500 MHz
Radeon RX 480/4G	1.266/3.500 MHz	1.300/3.900 MHz	1.350/4.200 MHz
Radeon RX 470	1.206/3.300 MHz	1.300/3.600 MHz	1.350/4.000 MHz
Radeon R9 Fury X	1.050/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 Fury	1.000/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 390X	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 390	1.000/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 380X	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/4G	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/2G	970/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R7 370	975/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R9 290X	1.000/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/3.000 MHz
Radeon R9 290	947/2.500 MHz	1.100/2.700 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 280X	1.000/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Radeon R9 285	918/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 280	933/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 270X	1.050/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz	1.200/3.100 MHz
Radeon R9 270	925/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R7 260X	1.100/3.250 MHz	1.200/3.400 MHz	1.250/3.500 MHz
Radeon HD 7970	925/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz
Radeon HD 7950	800/2.500 MHz	1.000/2.900 MHz	1.100/3.000 MHz
Radeon HD 7870	1.000/2.400 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/2.900 MHz

* Typischer GPU-Boost/RAM laut Hersteller ** Erfordert in der Regel Custom-Design mit guter Kühlung, Maximalspannung und -powerlimit in OC-Tools sowie etwas Glück

Grafikkarten-Overclocking: Das bringt's.



Bemerkungen: Getestet in Crysis 3 mit maximalen Details, 4× SMAA sowie 16:1 AF. Alle Angaben in MHz. Die Übertaktung der GPU bringt in den allermeisten Fällen mehr als die des Speichers. Letzterer sollte bei starker GPU-Übertaktung ebenfalls beschleunigt werden.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Mit wachsendem Takt benötigt der Prozessor immer häufiger einen Schuss mehr Spannung. Behalten Sie daher die Temperatur im Auge. Beim Übertakten für die alltägliche Nutzung überwiegen die Nachteile starker Überspannung (Abwärme, Verbrauch, Defektrisiko) meist das Leistungsplus. Es ist daher oft sinnvoll, sich mit einer Luftkühlung auf etwa 10–15 Prozent Überspannung und mit einer Wasserkühlung auf 15–20 Prozent zu beschränken. Unter Volllast sollte die Kerntemperatur aktueller Intel-Prozessoren bei unter 80 °C bleiben; bei AMD-Chips liefern die internen Sensoren häufiger viel zu niedrige, unglaubwürdige Werte aus – hier sind oft schon rund 60 °C die Obergrenze.

Da es für jede Plattform im Detail unterschiedliche Dinge zu beachten gilt, lohnt sich ein Blick auf die Anleitungen unter www.pcgh.de/cpu-oc. Dort können Sie auch Fragen stellen, die ganz konkret Ihr verwendetes Setup betreffen.

Gute CPU-Stabilitätstests

Ein schneller Test, um die Wunschfrequenzen auf Standfestigkeit zu prüfen, ist beispielsweise mit dem Cinebench R15 möglich. Das Programm benötigt auf aktuellen Systemen kaum eine Minute und gibt einen Punktwert aus. Wird der CPU-Takt gedrosselt, weil der Prozessor zu heiß läuft, wirkt sich dies auf das Ergebnis aus. Wir empfehlen, parallel ein Tool laufen zu lassen, das die Kerntemperaturen anzeigen kann, beispielsweise Aida64, HWInfo oder Core Temp.

Gründlicher und verlässlicher ist ein Test mit Prime95 (Vorsicht: große Hitzeentwicklung im Testmodus „Small FFTs“!). Falls Ihr System so konfiguriert ist, dass bei Teillast, also etwa der Auslastung nur eines Kerns, ein besonders hoher Turbo-Takt anliegt, sollten Sie Testprogramme zusätzlich so konfigurieren, dass Voll- und Teillast vorliegt, sonst drohen Abstürze.

GPU-OC leicht gemacht

Wie erwähnt, spielt die Grafikleistung vor allem dann eine wichtige Rolle, wenn Sie mit einem hochauflösenden Monitor spielen. WQHD/1440p ist wesentlich grafiklastiger als Full HD/1080p und in Ultra HD/2160p ist ein Prozessorlimit eher selten. PC Games Hardware rät zum MSI Afterburner, da dieses Programm mit allen Modellen zusammenarbeitet und regelmäßige Updates erfährt. Nur in Einzelfällen, etwa speziellen Designs der Hersteller Asus, EVGA und Sapphire, stellen die herstellereigenen Programme GPU Tweak, Precision XOC und Trixx eine bessere Wahl dar, etwa weil der Spannungskontrollchip nur hiermit angesprochen werden kann.

Das A und O: Kühlung

Beim Übertakten ist gute Kühlung ein Grundpfeiler des Erfolgs. Sowohl Radeon- als auch Geforce-Grafikkarten rechnen mit einer geringen Temperatur schneller als mit einer hohen – der (auch) temperaturgeregelte GPU-Boost-Mechanismus ist die Ursache. Neben der Möglichkeit, die Lüfterdrehzahl in Tools zu erhöhen oder einen anderen Kühler nachzurüsten, hilft auch ein Durchzug im Gehäuse beziehungsweise ein Seitenwandlüfter.

Radeon beschleunigen

Aktuelle Grafikchips überwachen permanent ihre Vitalfunktionen, darunter Temperatur und fließende Ströme. Übersteigen beide oder einzelne Parameter die festgelegten Grenzwerte, taktet sich die GPU herunter, um innerhalb dieser Limits zu bleiben. Zu Anfang, wenn Sie ein Spiel starten, ist der Chip kühl, was eine geringe Leistungsaufnahme zur Folge hat und es der Grafikkarte ermöglicht, ihren höchsten Boost-Takt zu nutzen. Fortlaufende Erwärmung während des Spielens führt zu einer höheren Leistungsaufnahme, Leckströme nehmen zu. Infolgedessen gerät der Takt bei vielen Grafikkarten ins Wanken, die GPU passt ihre Frequenz und die anliegende Spannung dynamisch an. Der Speichertakt bleibt unter Last konstant.

Mitunter drosselt eine Grafikkarte direkt nach Spielstart ihren Boost, manchmal gar nicht. Welcher Fall eintritt, hängt von den Eigenheiten Ihrer Lieblingsspiele ab, denn einige heizen dem Grafikchip stärker ein als andere. Im PCGH-Testlabor haben sich Anno 2070, The Witcher 3 und das neue A Plague Tale: Innocence als Hitze-Spitzenreiter hervorgetan. Die meisten Radeon-GPUs können ihren Boost hier nicht halten, während Crysis 3, Battlefield 1, TES 5: Skyrim und viele andere Titel kein Problem darstellen. Auch aktive Framelimits oder Vsync führen dazu, dass das Powerlimit seltener als Boostbremse fungiert.

Ob das Powerlimit der Hemmschuh ist, erkennen Sie einfach: Drosselt Ihre Grafikkarte den Takt trotz niedriger Kerntemperatur – alles unter 80 °C ist als niedrig anzusehen –, ist das der Fall. Dagegen hilft, das Limit zu erhöhen, das Sie im Treibermenü „Wattman“ („Overdrive“ bei älteren Chips) einstellen. Mit +20 Prozent halten viele Modelle ihren Takt, werden dabei jedoch heißer und lauter. Seit einigen Generationen erlauben Radeon-GPUs sogar bis zu +50 Prozent Powerlimit, doch das sollten Sie nicht ohne starke Kühlung einstellen!

Geforce ausreizen

Wer eine Geforce-Grafikkarte besitzt, sollte die Eigenheiten ihrer automatischen Übertaktung kennen. Wie AMD-Chips auch, takten moderne Nvidia-Prozessoren direkt bei Spielstart höher als nach einiger Aufwärmzeit, da Temperatur und Ströme stärker zu limitieren beginnen. Erhöhen Sie in einem Overclocking-Tool wie dem MSI Afterburner das Powertarget (in Prozent) und die Kernspannung Ihrer Grafikkarte (in Volt) bis zum Anschlag, fällt der Takt (GPU Boost) ein paar Stufen höher aus als vor diesem Eingriff.

Wir raten Ihnen dazu, zunächst jene Maximalwerte bei Spannung und Powerlimit einzustellen und diese dann in einem Spiel zu prüfen. Hier zeigt sich schnell, in welchem Takt der kleine Eingriff mündet. Erst dann sollten Sie die Taktregler betätigen. Letztere funktionieren per Offset (Versatz), das heißt, die von Ihnen eingetragenen Zahlen werden auf den automatischen Boost addiert. Ein Beispiel: 1.800 MHz automatischer Boost plus ein Offset von +100 MHz resultiert in einem Kerntakt von 1.900 MHz, solange das Powerlimit nicht in die Parade fährt oder die Temperaturgrenze erreicht wird. In der Praxis schwankt der Boost fast immer, je nach Auslastung und Temperatur.

Die richtige Schnittstelle

Alte Hasen erinnern sich mit glänzenden Augen an die 90er-Jahre und den Beginn der Hardwarebeschleunigten 3D-Grafik. Damals schossen neben Grafikkarten diverser Couleur auch sogenannte Schnittstellen aus dem Boden, eine jede maßgeschneidert für einen bestimmten Grafikchip. Bei einer Programmierschnittstelle (Application Programming Interface, kurz API) handelt es sich um einen Programmteil , welche anderen Anwendungen zur Verfügung gestellt wird, beispielsweise Spielen. Damals hörte die populärste 3D-API auf den Namen Glide; damit holten Spieleentwickler im Zusammenspiel mit 3dfx-Voodoo-Grafikkarten alles aus damaliger Hardware.

Mit den Jahren starben die herstellerspezifischen 3D-Schnittstellen und die dahinterstehenden Firmen. An ihre Stelle traten allgemeiner formulierte APIs wie Direct 3D und Open GL. Nun, im Jahr 2019, sind Direct X 12 (genauer: Direct 3D 12) und Vulkan an der Macht. Bei ihnen handelt es sich um sogenannte Low-Level-Schnittstellen. „Low“ im Sinne der Hardware-Nähe: Man versucht – nach Vorbild der Konsolen – möglichst effizient mit der Hardware zu kommunizieren, anstatt (wie noch mit Direct 3D 11) über viele Abstrahierungsschichten zu gehen. Letztere erlauben es, viele verschiedene Komponenten allgemein und kompatibel anzusprechen, allerdings geht man dabei niemals den direkten Weg.

Kurze Dienstwege führen zu schnellen Ergebnissen. Verwaltungsaufwand, Overhead genannt, ist zu vermeiden. Neben Optionen, die Grafikberechnung zu optimieren, sind es vor allem die Möglichkeiten zur besseren Prozessornutzung, welche für eine Low-Level-Schnittstelle sprechen. Dieser Weg ist jedoch steinig für Spieleentwickler: Die Implementierung einer Low-Level-Schnittstelle erlaubt großartige Ergebnisse, erfordert jedoch reichlich Know-how und Zeit. Alle Ressourcen (unter anderem die Speicherpools und Render-Threads) müssen selbst verwaltet werden, während unter Direct 3D 11 vieles vom Grafiktreiber geregelt wird. So kommt es, dass Direct X 12 und Vulkan selbst Jahre nach ihrer Vorstellung ein Nischendasein fristen. Doch einige Spiele zeigen bereits, was möglich ist und inwiefern wir PC-Spieler davon profitieren können. Davon handeln die folgenden Seiten.

Vorweg: Um Direct X 12 zu nutzen, benötigen Sie Windows 10, denn es handelt sich um eine von Microsoft in Zusammenarbeit mit AMD, Nvidia, Intel und weiteren Industriegrößen vorangetriebene API. Das Pendant Vulkan ist hingegen offen und steht auch unter Windows 7 und Linux zur Verfügung – wird jedoch seltener eingesetzt.

Battlefield 5

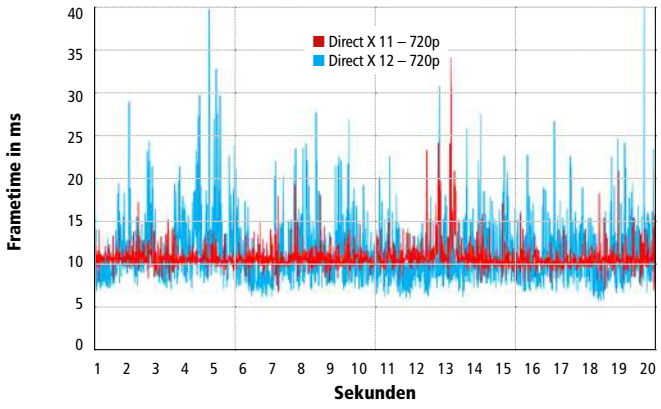
Die Multiplayer-Schlachten des aktuellen Battlefield-Teils faszinieren jeden Tag unzählige Spieler aus aller Welt. Zwar erweist sich der Render-Motor von Battlefield 5, die Frostbite-Engine, als sehr effizient, ein gerüttelt Maß an Rechenleistung ist für flüssige Bildraten jedoch notwendig. Der Wechsel von Direct X 11 auf 12 lohnt sich laut unseren Messungen nicht immer.

Schnelle Schnittstelle

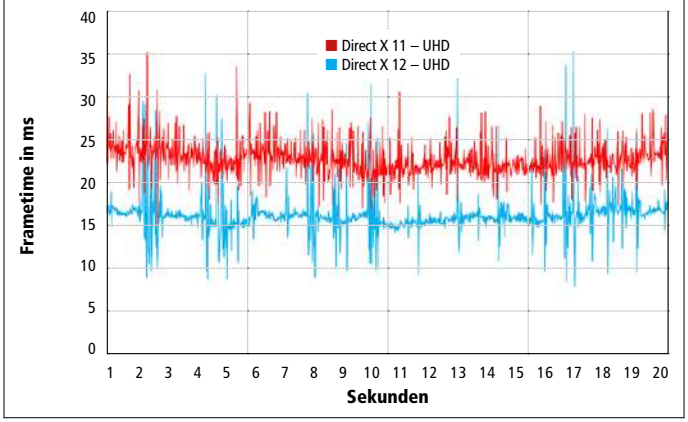
Battlefield 5 weiß aktuelle Hardware auszunutzen, Achtkern-Prozessoren wie der Ryzen 7 2700X oder Core i9-9900K werden zu großen Teilen ausgelastet. Ältere CPUs, etwa ein Vierkerner wie der Core i5-2500K, haben vor allem in 64-Mann-Matches schwer zu kämpfen. Mit der installierten Hardware steht und fällt die Performance von Direct X 12. Eine pauschale Aussage, ab welcher CPU oder GPU sich der Wechsel auf DX12 lohnt, ist nicht seriös zu formulieren. Wir haben daher zwei Messreihen mit stark unterschiedlichen Systemen durchgeführt. Das erste System, dessen Ergebnisse Sie auf allen folgenden Seiten dieses Artikels sehen, basiert auf einem Ryzen 7 1700 mit acht Kernen und 3 GHz Basistakt in Kombination mit einer starken, manuell übertakteten Grafikkarte. Werfen wir zunächst einen Blick auf die Einstellung, bei der die CPU vollständig limitiert: Mit 1.280 × 720 Pixel unter DX11 erreicht der PC an unserer Testszene durchschnittlich 90,3 Fps und einen P99-Perzentilwert von 56. Nach dem Wechsel auf DX12 sinkt (!) die Leistung auf nur noch 88,5 Durchschnitts-Fps und ein P99 von 42. Im Frameverlauf ist klar ersichtlich, dass die Bildrate unter DX12 (blaue Linie) stärker schwankt. Dies spricht für eine suboptimale Implementierung des CPU-Multithreadings. Pikant ist, dass das Bild komplett kippt, wenn die Grafikkarte mittels Ultra-HD-Auflösung unter Vollast gesetzt wird: Die Bildrate unter Direct X 11 bricht um mehr als die Hälfte ein, während die Grafikkarte unter Direct X 12 wesentlich weicher fällt. Unter dem Strich stehen hier rund 61/37 Fps (Avg./P99) unter DX12 neben 44/34 Fps unter DX11.

Das zweite System mit Core i9-9900K @ 5 GHz nebst RTX 2080 Ti OC erreicht andere Werte. Hier erfüllt DX12 die Erwartung an bessere Bildraten in jedem Fall, solange die Option „Future Frame Rendering“ ausgeschaltet bleibt. Zwischenfazit: Wer kann, testet sein System gezielt aus.

DX12 vs. DX11 in 720p (volles CPU-Limit)



DX12 vs. DX11 in Ultra HD



System: AMD Ryzen 7 1700, Nvidia Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,0/6,0 GHz; Asus X370 Crosshair VI Hero, 32 GiByte DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 1903
Bemerkungen: Im CPU-Limit erzielt DX12 wesentlich schlechtere Frametimes, erkennbar an den blauen Spikes. Im GPU-Limit kippt das Bild, DX12 geht deutlich in Führung.

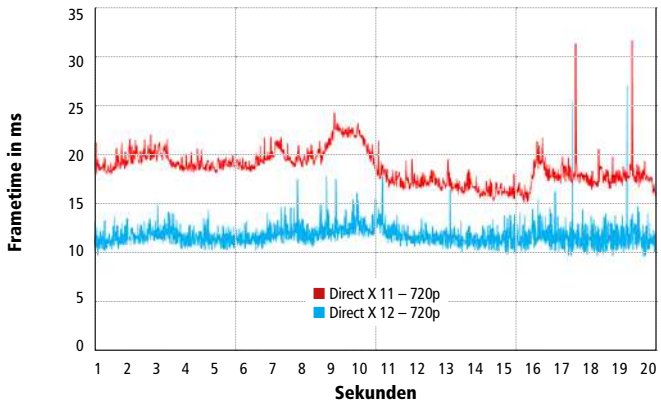
Hitman 2

Hitman 2 startete mit DX11, wurde aber mittels Patches nachträglich DX12-tauglich gemacht. Wie bei den meisten Spielen führt das nicht zwangsläufig zur Glückseligkeit, aber sehr oft.

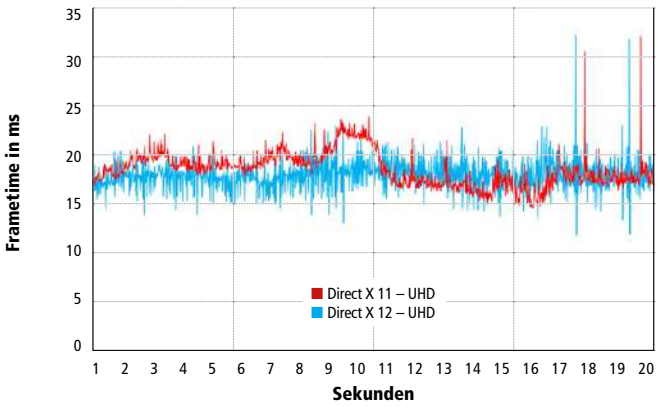
CPU-Hunger entschärft

Ein Kernmerkmal von Hitman 2 ist die offene, dynamische Welt voller Möglichkeiten und voller Nicht-spielercharaktere, welche der Szenerie Leben einhauchen. Jedes Individuum muss berechnet werden. Die Möglichkeiten von Direct X 12, allen voran das einfachere Multithreading, sind dabei hilfreich. Wenig überraschend kann sich die moderne Schnittstelle in den meisten Fällen klar von DX11 absetzen. Unsere Tests ergeben, dass dies jedoch von der Hardware-Konstellation abhängt und dass es auch Gegenbeispiele gibt. Grundsätzlich klar ist: In CPU-limitierten Szenen – das sind die meisten – läuft Hitman 2 unter DX12 besser als unter DX11, egal ob Geforce oder Radeon. Je schneller der Prozessor im Verhältnis zur Grafikkarte, desto näher kommen sich die Schnittstellen. Wer beispielsweise eine Geforce-Grafikkarte mit einem Core i9-9900K nutzt, für den stellt DX11 mitunter die bessere Wahl dar. Radeon-Nutzer profitieren laut unseren Messungen immer (!) mehr oder minder von DX12. Wir möchten aber nicht ausschließen, dass es Ausnahmen gibt.

DX12 vs. DX11 in 720p (volles CPU-Limit)



DX12 vs. DX11 in Ultra HD



System: AMD Ryzen 7 1700, Nvidia Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,0/6,0 GHz; Asus X370 Crosshair VI Hero, 32 GiByte DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 1903
Bemerkungen: Die Mumbai-Mission (Bild) stellt hohe Ansprüche an die CPU. Unter DX12 wird diese wesentlich besser ausgelastet und die Fps explodieren förmlich (bis zu +60 %).

Shadow of the Tomb Raider

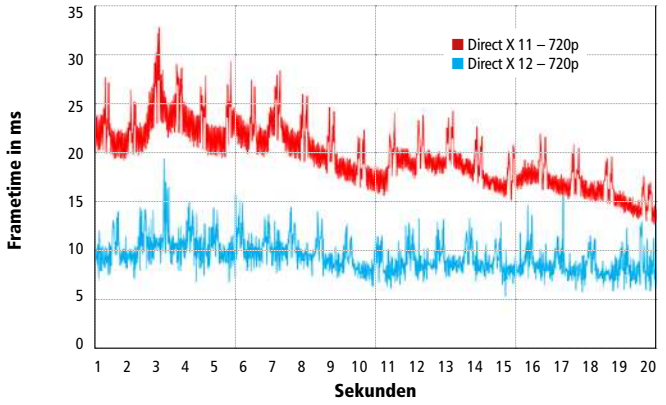
Bereits Rise of the Tomb Raider konnte im Jahr 2016 klar von Direct X 12 profitieren. In Shadow of the Tomb Raider haben die Entwickler ihre DX12-Implementierung weiter verbessert, sodass eine eindeutige Aussage möglich ist: Lara Crofts aktuelles Abenteuer läuft auf jeder Hardware-Konstellation (nur) mit DX12 optimal.

Direct, extrem!

Man könnte die Sachlage auch dramatischer formulieren: Mit einem Windows-7-PC ist Shadow of the Tomb Raider kaum zu genießen; erst das Windows-10-exklusive DX12 ebnet den Weg zu flüssigen Bildraten. Man merkt dem Spiel die konsequente Low-Level-Optimierung an, welche erst recht bei den Konsolen notwendig ist, hier ist Prozessorleistung Mangelware. Werfen wir zunächst einen Bick auf den ersten Verlauf, welcher im vollständigen CPU-Limit angefertigt wurde. DX12 erzielt im Durchschnitt 74,1 Fps, mit einem P99-Perzentilwert von 58. Dieselbe Hardware stemmt unter DX12 nur 35,7/27 Fps: Die moderne API steigert die Bildrate ergo um über 100 Prozent! Wird die Pixellast mithilfe der Ultra-HD-Auflösung vervielfacht, regt sich unter DX11 kaum etwas, der Ryzen 7 1700 limitiert immer noch zu circa 99 Prozent der Zeit. Unter DX12 sinkt die Bildrate zwar fühlbar, liegt aber immer noch um 18 Prozent höher (41,3/30 gegenüber 34,9/27 Fps).

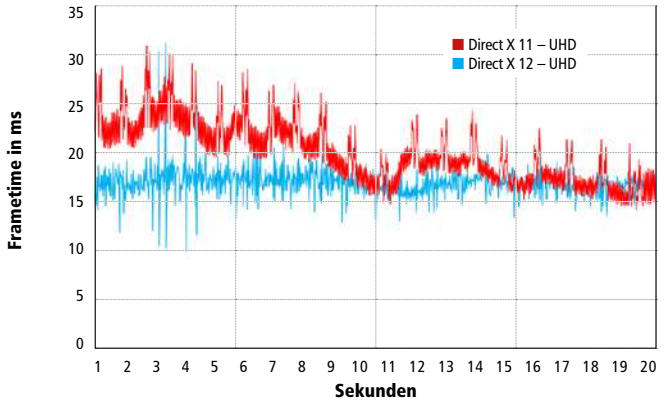
DX12 vs. DX11 in 720p (volles CPU-Limit)

SotTR „Kuwaq Yaku" – 720p, maximale Details



DX12 vs. DX11 in Ultra HD

SotTR „Kuwaq Yaku" – Ultra HD, maximale Details, SMAA T2x/16:1 AF



System: AMD Ryzen 7 1700, Nvidia Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,0/6,0 GHz; Asus X370 Crosshair VI Hero, 32 GiByte DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 1903
Bemerkungen: Das beschauliche Dorf Kuwaq Yaku (Bild) stresst den Hauptprozessor stark. Unter DX11 ist das Geschehen dauerhaft ruckelig, unter DX12 wird's fühlbar flüssiger.

World of Warcraft

World of Warcraft ist ein Phänomen – und einfach nicht totzukriegen. Alle paar Jahre schickt sich ein Konkurrent an, den „WoW-Killer" zu bringen. Die Moral von der Geschicht': Am Thron zu kratzen ist möglich, ersetzt wird der König jedoch nicht. Mangelnde Produktpflege kann man den WoW-Entwicklern nicht vorwerfen, auch technisch geht es stetig voran. Nachdem World of Warcraft vor Jahren die Schritte Richtung DX11 und Multicore-Rendering machte, ist seit einiger Zeit auch Direct X 12 verfügbar – dafür wurde der alte DX9-Zugteil auf dem Abstellgleis geparkt.

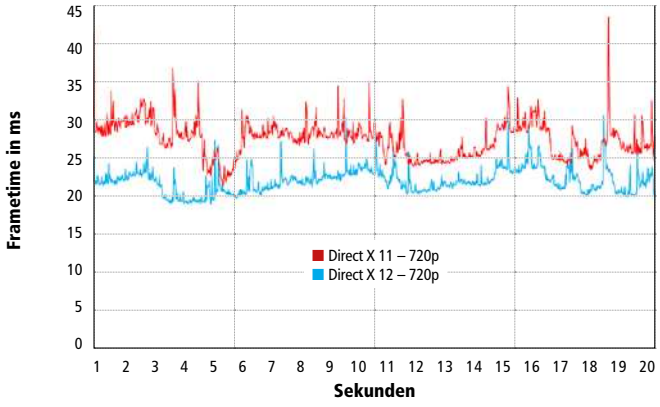
Lower Level: Higher Fps

Bereits 2005, als WoW hierzulande startete, war das Spiel eher prozessor-, denn grafikkartenlastig. So sehr die Grafik sich innerhalb der letzten 14 Jahre auch verbessert hat, diese Eigenschaft behielt World of Warcraft bei, sofern man nicht von der neuen Funktion der Auflösungsskalierung jenseits von 100 Prozent Gebrauch macht. Speziell Besucher großer Instanzen und fleißige Raider wünschen sich schnellere Prozessoren, um im Getümmel höhere Bildraten zu erreichen. Das neueste WoW-Add-on Battle for Azeroth erzeugt bereits beim „normalen" Spielen eine hohe Last, mit der sich vor allem die CPU herumschlagen muss. Diese tritt nur in Städten und hier allen voran Boralus auf. Wer mit maximalen Details über den Platz schlendert, wird feststellen, dass hier jeder Prozessor die Bildrate bestimmt. Verbreitete Prozessoren dümpeln im 40-Fps-Milieu herum, während zumindest übertaktete High-End-Boliden in den 60er-Bereich vorstoßen können. In der Wildnis indessen rückt die Last verstärkt in Richtung Grafikkarte.

Die gute Nachricht: Wer einen DX12-fähigen PC besitzt, kann damit der Framerate im CPU-Limit etwas auf die Sprünge helfen. Unser Beispielrechner mit Ryzen 7 1700 und Geforce GTX 1080 Ti zeigt, was möglich ist: An der schlimmsten Szene rund um den Handelswindmarkt in Boralus erreicht das System unter DX11 durchschnittlich 36,6 Fps und einen P99-Wert von 32. Der Wechsel auf DX12 steigert die Bildrate auf 45,1/38 Fps – ein durchschnittliches Plus von 23 Prozent. Wird die Grafiklast mithilfe der Ultra-HD-Auflösung und zusätzlicher Kantenglättung gesteigert, tut sich an den Fps kaum etwas. Der Grund: Boralus ist immer noch weitestgehend CPU-limitiert. Overclocking hilft. *(ns/rv)*

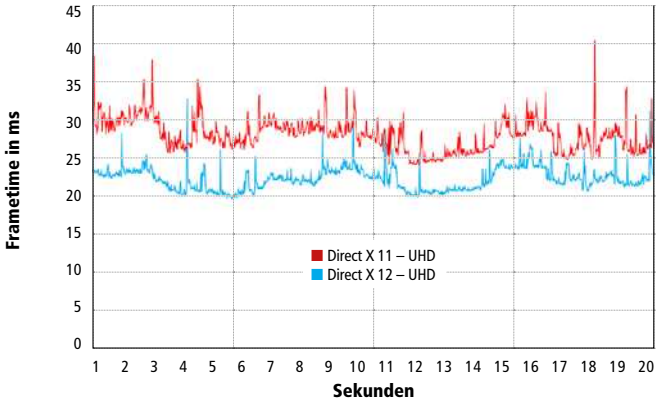
DX12 vs. DX11 in 720p (volles CPU-Limit)

WoW Battle for Azeroth „Boralus Market" – 720p, maximale Details



DX12 vs. DX11 in Ultra HD

WoW BfA „Boralus Market" – Ultra HD, max. Details, 4× MSAA/16:1 AF



System: AMD Ryzen 7 1700, Nvidia Geforce GTX 1080 Ti OC @ ~2,0/6,0 GHz; Asus X370 Crosshair VI Hero, 32 GiByte DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64 1903 **Bemerkungen:** Obwohl zwischen dem linken und dem rechten Verlauf eine deutlich unterschiedliche Grafiklast vorherrscht, sind die Verläufe quasi gleich. Schuld ist das hartnäckige Prozessorlimit.

Seasonic®
THE HEART OF YOUR SYSTEM

PRIME
80 PLUS TITANIUM
80 PLUS PLATINUM
80 PLUS GOLD

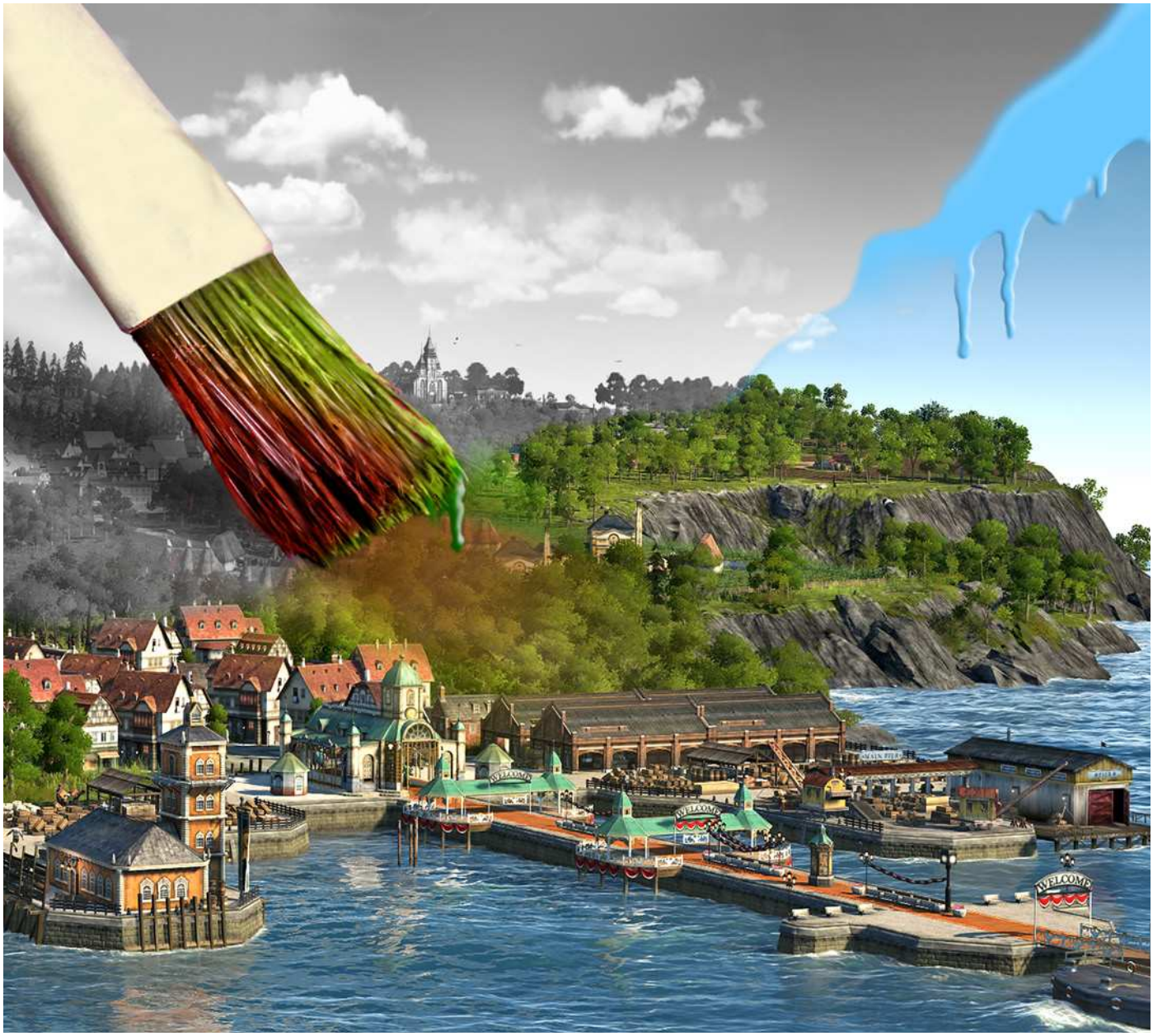
WARUM MIT WENIGER ALS MIT DEM BESTEN ZUFRIEDEN GEBEN?

FOCUS SGX
80 PLUS GOLD

FOCUS+
80 PLUS PLATINUM
80 PLUS GOLD

www.seasonic.com

ALTERNATE bequem online · CASEKING.de · BORA COMPUTER · BRACK.CH ELECTRONICS · K&M COMPUTER · cyberport · digitec.ch · Mindfactory.de · notebooksbilliger.de



Spiele-Aufbereitung

Der PC bietet unzählige Möglichkeiten, Spiele zu verschönern. Wir zeigen, wie Sie moderne Titel mit Effekten und Details ausstatten.

Der PC gilt als die flexibelste Spiele-Plattform. Dies geht nicht nur auf das lange Bestehen der IBM-kompatiblen Heimcomputer zurück, sondern insbesondere auf die Vielseitigkeit zur Individualisierung der Plattform. Letzterer Punkt ist ein zentrales Thema dieses Artikels, denn wir beschäftigen uns mit den vielfältigen Möglichkeiten, wie Sie Spiele optisch aufwerten können. Viele dieser Handgriffe lassen sich universell in modernen Titeln nutzen, insbesondere Reshade bietet eine Fülle unterschiedlicher Anwendungsweisen, Filter und Individualisierungsoptionen und zur Verbesserung der Grafik auf.

Aufruf zum Handanlegen

Bevor wir beginnen, wollen wir darauf hinweisen, dass es sich bei diesem Artikel nicht um eine vollumfängliche Anleitung handelt, sondern er vielmehr dazu dienen soll, Ihnen die Möglichkeiten zur Optikverbesserung aufzuzeigen. Insbesondere bei modernen Titeln, Ini-Tweaks und umfangreichen Modding-Projekten kommt es schließlich auch auf das jeweilige Spiel an, welche Verbesserungen überhaupt zur Verfügung stehen – nicht jedes Spiel lässt umfangreiche Änderungen an der Konfigurationsdatei zu, um die Optik zu verbessern, nicht jeder Titel bietet Modding-Support oder kann auf eine engagierte Community zurückgreifen, die fleißig neue Inhalte schmiedet. Bei Reshade, Farb-, Kontrast- und Effekt-Tuning scheiden sich obendrein oft die Geister, Look ist und bleibt eben Geschmackssache. Doch möchten wir Ihnen vorstellen, welch potente Werkzeuge PC-Spielern zur Verfügung stehen, um die Grafik zu verbessern und Sie darüber hinaus dazu anregen, Ihre eigenen Versuche zu unternehmen.

Reshade: Das mächtigste Tool für Optik-Tuning

Das wohl potenteste, vielseitigste Werkzeug, um Spiele optisch zu individualisieren und dem eigenen Geschmack nach zu verbessern, ist der Shader-Injektor Reshade. Das Tool funktioniert prinzipiell mit allen Spielen, die Open GL oder Direct-X-Versionen von 9 bis 11 nutzen. Eine Version mit DX12-Support ist in Arbeit und steht in Form einer frühen Version zur Verfügung. Sie können das Tool unter Reshade.me herunterladen, beim Installieren wählen Sie dann einfach das Spielverzeichnis sowie die passende API aus. Reshade fragt Sie darauf, ob und welche Shader Sie zusätzlich installieren wollen. Im Spiel sehen Sie nun am oberen Bildschirmrand eine Einblendung, folgen Sie den dortigen Anweisungen, um Reshade für das jeweilige Spiel startbereit zu machen.

Üppiger Werkzeugkasten

Wenn Sie die komplette Shader-Sammlung heruntergeladen haben, fühlen Sie sich angesichts der riesigen Auswahl an Effekten eventuell etwas erschlagen. Doch keine Bange, viele der Shader sind interessant, zum Spielen indes eher unsinniger Natur (z.B. Ascii.fx, ein Shader, der den Bildinhalt in Ascii-Text umwandelt), vor allem für Screenshots nützlich (diverse Tiefenschärfe-Effekte) oder gleich in mehrfacher Form vorhanden (etwa Schärfefilter). Die Liste wird außerdem beständig mit neuen Effekten ergänzt, dazu zählt etwa der HSLShift-Shader, mit dem Sie einzelne Farben austauschen können (s. Kasten rechts). Die wichtigsten und beliebtesten Effekte für die Optikverbesserung sind indes Curves, Tonemap, Levels sowie Clarity, der „Fake"-HDR-Shader und das allseits beliebte Lumasharpen, wobei für Letzteres mittlerweile eine ganze Reihe guter Alternativen angeboten werden. Wollen Sie knalligere oder gesetztere Farben, können Sie entweder die Sättigung (Saturation) des Tonemap-Shaders nutzen oder alternativ Vibrance oder Colorfulness zuschalten, die beiden letztgenannten Shader sind sich recht ähnlich und liefern vergleichbare Resultate, bieten aber unterschiedliche Abstimmungsmöglichkeiten.

Wir empfehlen, nur wenige Effekte zuzuschalten, um die Abstimmung nicht zu verkomplizieren. Mit einer Handvoll potenter Shader lässt sich bereits viel erreichen und beispielsweise die etwas trüb wirkende Optik von A Plague Tale deutlich lebendiger gestalten (siehe unten). Selbstredend lässt sich Reshade außerdem mit weiteren Tweaks kombinieren.

Vielfältige Möglichkeiten

Mit Reshade können Sie nicht nur großflächige, das gesamte Bild betreffende Veränderungen vornehmen, sondern die Optik auch sehr gezielt anpassen.

Far Cry New Dawn – Standard-Optik mit dominanten pinken Akzenten

Reshade: Pink durch Himmelblau ersetzt (HSLShift.fx), Kontrast-Tweaks

Reshade: Belichtung, Farben, Kontraste und Mitteltöne

Zu den mächtigsten und sinnvollsten Shadern, um die Optik eines Spiels zu verbessern, ohne dabei gleich den kompletten Look zu verändern, zählen Curves.fx (Kontrast), Tonemap.fx (u. a. Gamma, Belichtung, Sättigung) und Shader wie FakeHDR.fx sowie Clarity.fx. Hier sehen Sie eine Beispielanwendung dieser Effekte.

A Plague Tale Innocence mit Vanilla-Optik

Verbesserte, klarere Mitteltöne und stärkere Leuchtkraft ohne Stilveränderung

Möglichkeiten für eine verbesserte Kantenglättung

Tweaks per Shader-Antialiasing

Reshade kann FXAA und SMAA injizieren. Mit diesen kann lästiges Pixelflimmern in Spielen mit mäßigem TAA wie Monster Hunter entschärft werden.

Das TAA von Monster Hunter glättet unzureichend und nur bewegte Inhalte

Mit per Reshade injiziertem FXAA werden die Kanten deutlich besser erfasst

Als Nächstes steht die Kantenglättung auf dem Tuning-Programm. Wie Sie feststellen werden, wird dieser Artikel mit jedem Unterkapitel spezifischer. Bei der Kantenglättung gehen viele Spiele unterschiedliche Wege und nutzen verschiedene Techniken. Diese unterschiedlichen Herangehensweisen beschränken in vielen Titeln auch die Möglichkeiten zur Anpassung, wobei es auch hier einige – zumindest beinahe – universelle Herangehensweisen gibt.

Post-Processing-Beistand

Dazu zählt wiederholt Reshade, durch welches sich in fast allen aktuellen Titeln die Post-Processing-Antialiasing-Verfahren FXAA und SMAA injizieren lassen. Diese Shader-Kantenglättung können Sie außerdem mit dem hier gelisteten Supersampling-Verfahren kombinieren, um eine nochmals effektivere Glättung zu erhalten. Selbst in Kombination mit so manchem eher unbefriedigend greifendem TAA ist zusätzlich injiziertes FXAA oder SMAA eine valide Option. Das gilt sogar bei hohen Auflösungen. Sie können auch die mittlerweile recht seltene und häufig teure Multisampling-Kantenglättung beispielsweise in Anno 1800 durch per Reshade eingeimpftes SMAA oder FXAA unterstützen oder komplett ersetzen (siehe unten), was Ihnen in der Aufbaustrategie zu einem durchaus beträchtlichen Performance-Boost verhilft und dabei sehr flimmeranfällige Inhalte befriedigend glättet. Sie können die Aggressivität des injizierten Post-Processing-AAs darüber hinaus feinabstimmen, etwas Bildschärfe geht indes immer verlustig. Auch greift die per Reshade eingeimpfte Kantenglättung erst ganz zum Schluss und noch nach dem Rendern des HUDs ein. Dieses und damit auch filigrane Elemente wie Bildschirmtexte werden daher ebenfalls geglättet, was zu unschönen Nebeneffekten führen kann.

Dynamisches Supersampling

Eine weitere, mittlerweile recht breit zugängliche Kantenglättung ist dynamisches Supersampling. Zwar halten sich Spiele mit direktem Support aktuell in engen Grenzen, doch es gibt sie: Zu den Vorreitern zählen etwa die letzten beiden Teile der Assassin's-Creed-Reihe. Wollen Sie das Feature in Origins oder Odyssey nutzen, müssen Sie lediglich die Auflösungsskalierung auf einen Wert größer 100 Prozent, beziehungsweise einen Faktor größer 1.0 stellen, die zu erreichen erwünschte Framerate festlegen und die dynamische Auflösungsskalierung aktivieren.

Per DSR/VSR aktiviertes, dynamisches SSAA in Far Cry New Dawn

New Dawn bietet eine dynamische Renderskalierung, jedoch kann diese die Auflösung nur reduzieren. Schalten wir DSR/VSR zu und nutzen die nun verfügbaren, virtuellen Downsampling-Auflösungen zusammen mit der automatischen Renderskalierung, so erhalten wir dann ein an die Lastsituation angepasstes, dynamisches SSAA.

Far Cry New Dawn mit voller Full-HD-Auflösung mit einer Radeon VII

Via VSR aktiviertes, dynamisches SSAA (max. Renderauflösung UHD, 60-Fps-Target)

Detailanpassungen in den Konfigurationsdateien

Noch etwas spezfischer als bei der Kantenglättung ist das Thema Ini-Tweaks, beziehungsweise Veränderungen an den Konfigurationsdateien eines Spiels. Denn nicht jeder Titel lässt die gleichen oder überhaupt sinnvolle Änderungen zu, in einigen Fällen listet die Konfigurationsdatei schlicht nur jene Optionen, die Sie im Grafikmenü des Spiels direkt vornehmen können.

Optimieren ist nicht schwer

Auf welche Art Spiele ihre Einstellungen speichern und wie weit diese editierbar ausfallen, unterscheidet sich von Spiel zu Spiel. Viele Titel, die auf dem gleichen Engine-Unterbau basieren, ähneln sich stark darin, wie sie ihre Einstellungen speichern. Nicht immer hat der Nutzer Zugriff auf nützliche Optionen, doch sehr häufig finden sich in den Dateien Einträge, die Stellschrauben bieten, die deutlich über jene im Optionsmenüs des betreffenden Spiels hinausgehen. Ein passendes Beispiel ist das unten abgebildete A Plague Tale: Die Konfigurationsdatei finden Sie unter Benutzer\Dokumente\My Games\A Plague Tale Innocence. Wenn Sie die Datei öffnen, sehen Sie Einträge, die dem Grafikmenü des Spiels entsprechen (z. B. Screenspace-Reflections oder Schatten); anders als in den Grafikeinstellungen haben Sie aber außerdem Zugriff auf einige Post-Processing-Filter, darunter Filmkörnung, Fischauge-Effekt und Chroma-Verschiebung. Sie können außerdem die Werte für die Renderdistanz von Schatten, deren Kaskaden, Texturfilterung und die generelle Sichtweite im Spiel erhöhen. A Plague Tale bietet mit der übersichtlichen Konfigurationsdatei einen guten Einstieg, wenn Sie es selbst einmal mit Ini-Tuning versuchen wollen.

Von simpel zu komplex

Nicht wenige Spiele bieten auch nochmals deutlich mehr Eingriffmöglichkeiten via Konfigurationsdateien. The Witcher 3 treibt es unter diesen jedoch auf die Spitze. In der Datei Rendering.xml haben Sie Zugriff auf beinahe sämtliche Qualitätseinstellungen des Grafikmenüs und können diese munter weit über die spielintern maximalen Details erhöhen. Das komplette Prozedere würde den Umfang dieses Artikels sprengen, jedoch bieten wir auf unserer Website einen umfangreichen Artikel zum Thema, der den kompletten Ablauf offenlegt. Diesen finden Sie unter pcgh.de/W3PCGH-Tuning. Eine aktuelle Version der so erstellten PCGH-Konfig für Spielversion 1.32 finden Sie unter pcgh.de/W3PCGH-Konfig132 oder auf unserer DVD.

The Witcher 3 mit PCGH-Config

The Witcher 3 lässt umfangreiche Änderungen an den internen Spieleseettings zu. Wir haben beinahe sämtliche Details deutlich erhöhen können.

The Witcher 3 mit standardmäßigen Ultra-Details

The Witcher 3 mit PCGH-Konfig (PCGH Ultra)

Deaktivieren störender Bildfilter am Beispiel Plague Tale Innocence

Viele Änderungen lässt die Konfigurationsdatei von Plague Tale nicht zu, allerdings deutlich mehr als das spielinterne Optionsmenü. So können die „cinematischen" Filter wie Chroma-Abweichung, Filmkorn sowie Tiefenschärfe deaktiviert werden. Zudem können die Schatten und anisotrope Filterung verbessert werden.

Das story-lastige Plague Tale nutzt viele, im Grafikmenü nicht deaktivierbare, Filter.

Chroma-Verschiebung, Vignette, Fischauge-Effekt, Filmkorn, Schärfe-Filter entfernt

Mods: Von kleinen Änderungen bis zum neuen Spiel

Der Shooter-Klassiker Quake seit langer Zeit ein dankbares Modding-Objekt, da id-Software den Source-Code freigegeben hat. Es gibt eine vielzahl modernisierter Ports.

Seit Morrowind bieten Bethesda-Rollenspiele umfangreichen Mod-Support. Modsammlungen wie Morrowind Overhaul modernisieren die komplette Grafik.

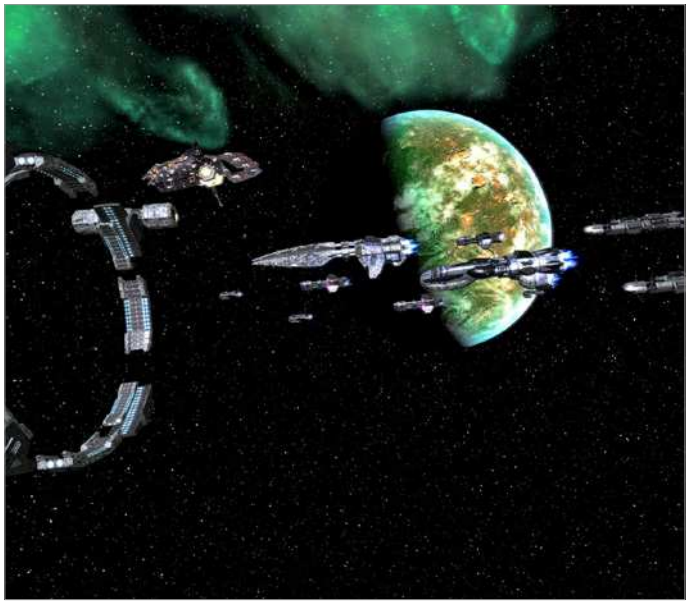
Als letzte Option, modernen Spielen einen neuen Schliff zu verpassen, bieten sich Modifikationen (kurz: Mods) an. Unter dieser Bezeichnung sammeln sich eine Vielzahl unterschiedlicher Veränderungen der Spieldateien, von kleinen optischen Fixes und Rendering-Erweiterungen wie etwa das insbesondere durch Skyrim bekannt gewordene ENB über Gigabyte-schwere Texturmods bis hin zu kompletten grafischen Overhauls und Total Conversions, an. Diese Modifikationen beschränken sich im Normalfall auf ein einzelnes, spezifisches Spiel. Nicht für jeden Titel existiert eine große Auswahl an Mods, doch finden Sie mit etwas Stöbern beispielsweise auf nexusmods.com oder moddb.com Community-erstellte Inhalte für beinahe jedes aktuelle oder betagtere Spiel.

Neuer Glanz für alte Perlen

Sie wollen den Shooter-Klassiker Quake mit neuen Texturen und Modellen, rundum aufgemotzter Engine und in hohen Auflösungen samt modernen Pixelformaten spielen? Kein Problem, dank der schaffungsfreudigen Modding-Gemeinschaft stehen Ihnen für dieses und andere Unterfangen vielfältige Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung – orientieren Sie sich gern an unserem Online-Artikel zu Quake HD Remix (pcgh.de/Quake-HD-Remix) oder wählen Sie Ihre eigene Herangehensweise. Neben Quake warten auch andere ältere Titel darauf, mit Mods einen neuen Anstrich zu erhalten, darunter Half-Life 2 mit dem bekannten Cinematic-Mod. Der Rollenspielklassiker Morrowind glänzt dank der umfangreichen Sound- und Grafik-Modifikations-Sammlung Morrowind Overhaul mit runderneuerter Grafik – mit Morrowind Rebirth steht gar noch ein zweiter Overhaul zur Verfügung. Darüber hinaus stehen etwa mit der Total Conversion Enderal für Skyrim, Frost für Fallout 4 oder einer ganzen Reihe Kampagnen für das per Source Code Project modernisierte Freespace 2 komplett neue Spielinhalte zur Verfügung, die Sie zusätzlich mit Grafikmods aufwerten können.

Do-it-Yourself-Remaster

Für unzählige Spiele steht eine schier unendliche Auswahl an Textur-Mods, Reshade-Profilen und Anleitungen für Ini-Tweaks zur Verfügung – wenn Sie wollen, können Sie sich mit diesen die ganz persönliche „Remaster"-Version Ihres Lieblingsspiels erstellen: Feine Grafik und sauber geglättete Kanten dank Supersampling, knackige Texturen und verbesserte Modelle, höher aufgelöste Schatten und erhöhte Sichtweite sowie fein abgestimmte Farbgebungen und Effekte, all diese Optionen stehen Ihnen für eine Vielzahl Spiele zur Verfügung. Wir laden Sie herzlich zum Experimentieren und Modifizieren ein. *(pr)*



Mit dem Freespace-2-Source-Code-Project (SCP) können Sie nicht nur die Grafik des Weltraum-Klassikers verbessern, sondern auch komplett neue Kampagnen spielen.

Der wegweisende Shooter Half-Life 2 ist auch 2019 ein Spielchen wert – insbesondere mit der umfangreichen Cinematic Mod, welche u. a. die Grafik deutlich aufbohrt.

PCGH Print im Abo

Brandaktuelles PC-Spiel als Key!

1 **Spiele anschauen** auf www.pcgh.de/gamesplanet

2 **Danach das DVD-Abo bestellen auf** www.pcgh.de/shop

3 **Key für PC-Spiel einlösen bei** Gamesplanet

1-Jahres-Abo

PLUS: Viele weitere Spiele!

» 12 Ausgaben PCGH DVD + Top-Spiel bestellen unter:
www.pcgh.de/1-jahres-abo*

*1-Jahres-Abo DVD: 67,- Euro

2-Jahres-Abo

PLUS: Viele weitere Spiele!

» 24 Ausgaben PCGH DVD + Top-Spiel bestellen unter:
www.pcgh.de/2-jahres-abo**

**2-Jahres-Abo DVD: 134,- Euro (In Deutschland)

GAMESPLANET.COM

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

msi

NVIDIA GEFORCE RTX™

PLAY HARD
STAY SILENT

GEFORCE RTX™ 2070 GAMING Z
GEFORCE RTX™ 2060 GAMING Z

RGB MYSTIC LIGHT

AIRFLOW MASTERY

TORX FAN 3.0

TWIN FROZR THERMAL DESIGN

HIER KAUFEN

DEUTSCHLAND » Alternate, amazon.de, ARLT Computer, Bora Computer, computeruniverse, comtech, Conrad Electronic, Cyberport, Hardwarecamp24.de, MediaMarkt, Mindfactory, notebooksbilliger.de, one.de, Otto.de, Saturn

ÖSTERREICH » Conrad, cyberport.at, e-tec.at, MediaMarkt.at, Saturn.at

SCHWEIZ » digitec.ch

WEITERE INFOS ZU MSI GRAFIKKARTEN

http://de.msi.com

TRUE GAMING